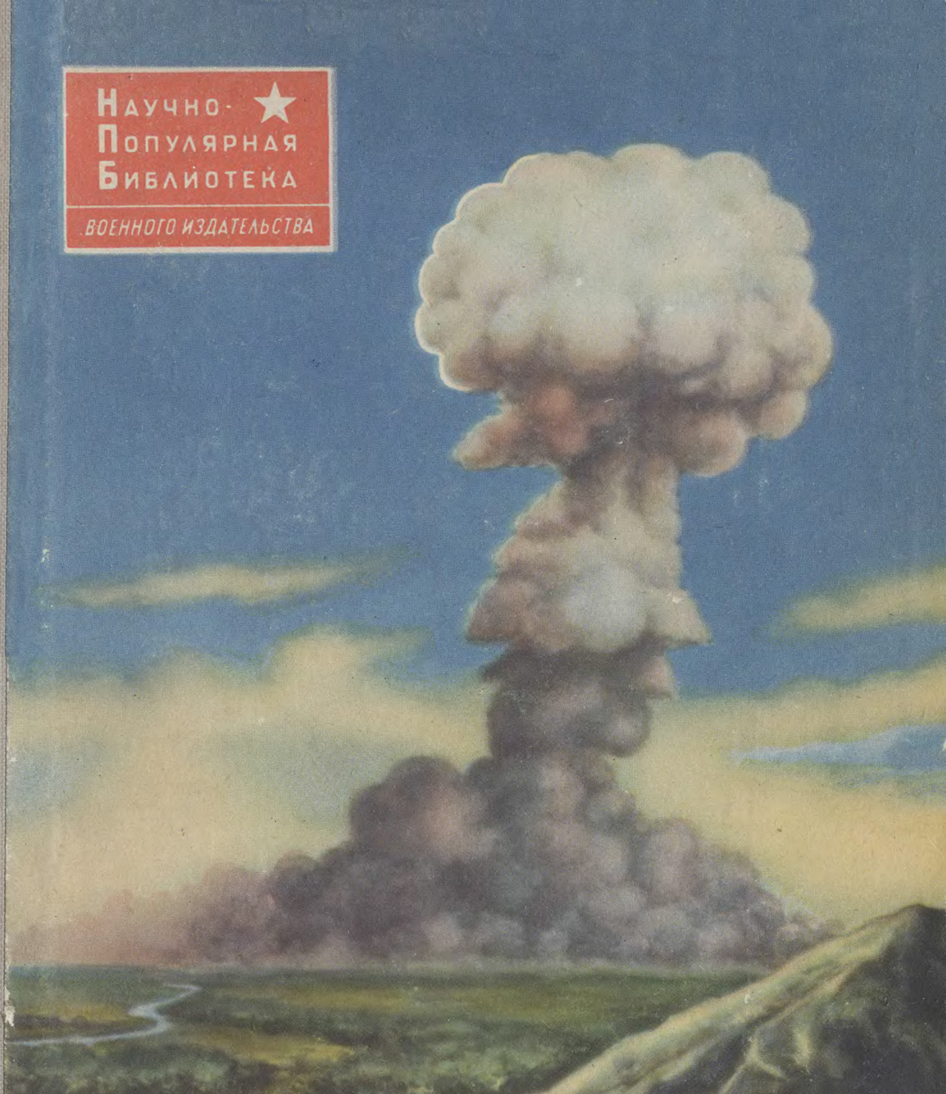
Научно-Популярная Библиотека
Военного Издательства



А. И. Иванов, Г. И. Рыбкин

ПОРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

А. И. ИВАНОВ
Г. И. РЫБКИН
ПОРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

А. И. ИВАНОВ, Г. И. РЫБКИН

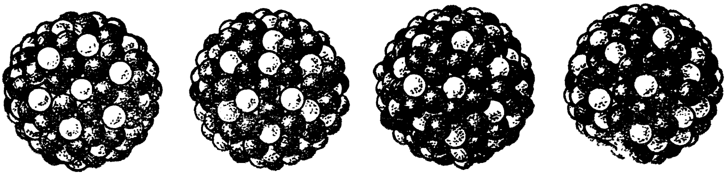
ПОРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
Москва — 1960

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Книга «Поражающее действие ядерного взрыва» написана по материалам, опубликованным в иностранной печати. В ней дается описание поражающих факторов ядерного оружия. Авторы знакомят читателя и со способами защиты от ядерного оружия. В книге подробно и доступно излагаются физические основы устройства атомных и термоядерных боеприпасов, рассматриваются физическая сущность различных поражающих факторов и простейшие способы расчета размеров зон поражения.

Основной материал книги рассчитан на широкий круг читателей — воинов Советской Армии и Военно-Морского Флота, а также членов ДОСААФ, знакомых с основами физики и математики. Некоторая, небольшая часть книги может заинтересовать более подготовленных военных и гражданских специалистов. При чтении книги менее подготовленным читателем сложные вопросы могут быть пропущены без ущерба для понимания содержания книги в целом.



ВВЕДЕНИЕ

Ядерное оружие, как известно, появилось сравнительно недавно и развивалось почти без боевого применения. Две авиационные атомные бомбы были сброшены с самолетов США в 1945 г. на беззащитные японские города Хиросима и Нагасаки, когда Япония была уже разгромлена и вторая мировая война фактически окончена. Применив ядерное оружие, правительство и военное командование США преследовали не столько военные, сколько политические цели, стремясь продемонстрировать мощь нового оружия и построить на этом пресловутую политику «с позиции силы». Эта политика основывалась на убеждении реакционных кругов капиталистического мира в том, что монополия в области ядерного оружия сохранится длительное время за США. Но советские ученые и инженеры сумели очень быстро ликвидировать монополию США в этой области. Впоследствии ядерное оружие было также создано в Англии. Создает собственное ядерное оружие и Франция.

Таким образом, ядерное оружие быстро развивается и становится неотъемлемой частью вооружения и определяет общий характер современных средств и способов борьбы.

Ядерное оружие является оружием массового поражения. Это значит, что при взрыве ядерного заряда поражение захватывает значительное пространство, на котором находится, как правило, много поражаемых объектов (людей, зданий, кораблей, танков, автомашин и т. п.).

Один ядерный заряд, заключенный в авиационную бомбу, в боевую часть ракеты дальнего действия или

применяемый каким-либо иным способом, заменяет сотни, тысячи и даже десятки тысяч обычных бомб, ракет и т. д. Современные скоростные самолеты, беспилотные самолеты-снаряды и ракеты дальнего действия позволяют наносить удары ядерным оружием на большую глубину расположения противника. При этом для решения отдельных боевых задач достаточно от одного до нескольких десятков ядерных боеприпасов.

Эти качества ядерного оружия вносят принципиальные изменения в формы и способы вооруженной борьбы. Можно полагать, что за все время развития военного дела оно никогда не испытывало такого скачка в своем развитии.

Современное ядерное оружие отличается значительным разнообразием. Обычно мощность ядерного оружия оценивают по энергии, выделяемой в момент взрыва. Энергию эту измеряют тротиловым эквивалентом, то есть тем количеством обычного взрывчатого вещества — тротила, которое дало бы при взрыве столько же энергии, сколько выделяет соответствующий ядерный заряд.

Тротиловые эквиваленты ядерных зарядов, упоминаемых в иностранной печати, находятся в пределах от тысячи до нескольких миллионов тонн. Вследствие этого ядерное оружие может быть применено для решения различных тактических задач и для поражения стратегических целей самого крупного масштаба. Ядерное оружие может быть применено в сухопутном бою, на море. В иностранной печати поднимался неоднократно вопрос даже о производстве ядерных взрывов на Луне.

Ядерные заряды могут быть помещены внутрь артиллерийских снарядов среднего и крупного калибров, авиационных бомб; они могут быть использованы в качестве боевых частей ракет различной дальности, морских торпед и различных управляемых снарядов.

Быстрое развитие ядерной техники и атомной промышленности позволяет производить значительное количество ядерного взрывчатого вещества. По данным иностранной печати, стоимость одной тонны тротилового эквивалента термоядерного горючего не превышает одного цента. Впрочем, цена здесь является только наглядным показателем возможностей производства и не может характеризовать всех условий использования ядерного оружия в вооруженной борьбе большого масштаба.

Весьма существенной особенностью ядерного оружия является то, что оно при взрыве дает радиоактивные продукты. Эти продукты могут при соответствующих условиях распространяться в атмосфере земли, производя вредное действие на людей и животных в пределах всего земного шара. Особенно велика опасность при крупных ядерных взрывах вблизи поверхности земли, когда радиоактивные продукты взрыва оседают на частицах пыли и переносятся концентрированным потоком на сотни километров в направлении ветра.

Ядерные взрывы угрожают здоровью и жизни всего человечества. Особенно велико их вредное влияние на здоровье детей. Отсюда следует, что не только применение ядерного оружия во время войны, но и его испытания представляют угрозу для всего человечества.

Сознавая опасность ядерных взрывов, советский народ, возглавляемый Коммунистической партией и правительством, вместе с трудящимися всего мира ведет последовательную и упорную борьбу за запрещение всяких испытаний ядерного оружия, его производства и подготовки к боевому применению, против гонки вооружений.

Н. С. Хрущев в речи на Генеральной Ассамблее Организации Объединенных Наций 18 сентября 1959 г. сказал, что никогда еще за всю историю человечества гонка вооружений не велась такими темпами и не таила в себе столько опасностей, как сегодня, в век атома, электроники и покорения космоса.

Еще совсем недавно скорострельное автоматическое оружие, танки, дальнобойную артиллерию и авиационные бомбы считали самыми мощными средствами истребления людей. Но разве можно их сравнить с тем оружием, которое имеется теперь? Сейчас наступила такая стадия, когда трудно придумать более мощное оружие, чем водородное, которое практически беспредельно по своей силе. Если сложить вместе все средства разрушения, которыми располагало человеческое общество в прошлом, то все это по мощности составило бы ничтожную долю того, чем располагают ныне две — три великие державы, владеющие ядерным оружием.

При взрыве одной, заметьте, только одной большой водородной бомбы выделяется огромная энергия разрушения. В печати приводилось высказывание американ-

ского специалиста по ядерной физике У. Дэвидсона, который отметил, что в результате взрыва одной водородной бомбы высвобождается бо́льшая энергия, чем от всех взрывов, произведенных всеми странами во все войны, которые знала история человечества. Он, по-видимому, прав. Разве можно не считаться с тем, что разрушительная сила орудий ведения войны достигла столь колоссальных масштабов? И разве можно забывать о том, что на земном шаре теперь не существует ни одного пункта, недосягаемого для ядерно-ракетного оружия.

Трудно себе представить, к каким последствиям для человечества привела бы война с применением этих чудовищных средств разрушения и уничтожения. Если позволить ей разразиться, то жертвы измерялись бы не миллионами, а многими десятками и даже сотнями миллионов человеческих жизней. Это была бы война, которая не знала бы различия между фронтом и тылом, между солдатами и детьми. Она привела бы к превращению в руины многих крупных городов, промышленных центров, к безвозвратной гибели величайших памятников культуры, которые создавались вековыми усилиями человеческого гения. Эта война не пощадила бы и будущие поколения. Ее ядовитый след в виде радиоактивного заражения еще долго калечил бы людей, уносил бы многие жизни.

Поэтому изучение ядерного оружия и его действия имеет значение, выходящее далеко за пределы специальных вопросов военной техники.

В этой книге рассматривается только ядерное оружие взрывного действия, принципы его устройства и боевые свойства. Прежде чем переходить к более подробному рассмотрению этого оружия, необходимо сделать следующие замечания. В настоящее время широко распространены такие названия нового оружия, как ядерное, термоядерное, водородное оружие, кобальтовая бомба и т. д.

Название «ядерное оружие» означает, что речь идет об оружии, основанном на использовании энергии, выделяемой при превращениях атомных ядер. Это название имеет, следовательно, самое общее, собирательное значение. Термоядерное оружие — это оружие, основанное на термоядерных реакциях, то есть на реакциях соединения легких атомных ядер при очень высоких температурах. Водородное оружие основано на термоядерной реакции,

в которой участвует тяжелый водород — дейтерий и сверхтяжелый водород — тритий.

Атомным оружием принято обычно называть оружие, содержащее в основном такое атомное взрывчатое вещество, как уран 233. уран 235 или плутоний. Однако в последнее время, как можно установить по материалам иностранной печати, основным типом нового оружия является такое, в котором при взрыве происходят различные ядерные реакции в том или ином соотношении.

Поэтому можно считать, что название «ядерное оружие» можно распространить на все виды оружия, у которых взрыв обусловлен ядерными реакциями.

В этой книге будут применяться термины «ядерная бомба» и «ядерное оружие» независимо от типа ядерной реакции, производящей энергию взрыва. Когда это необходимо, тип бомбы, основанной на делении или синтезе, будет в каждом случае указан отдельно.

Ядерное оружие, как известно, представляет собою только один из видов ядерной техники, быстро развивающейся теперь и, в частности, находящей широкое применение в военном деле.

Однако как бы ни были разнообразны способы использования атомной энергии в военной технике, в настоящее время наиболее существенным является, безусловно, ядерное оружие. Его влияние на весь характер современной войны очень велико и разнообразно, и его изучение необходимо для правильного понимания не только военного дела, но также современной международной экономики и политики.

Успехи в развитии ядерного оружия в СССР стали возможными потому, что Коммунистическая партия неуклонно проводит линию на быстрое и всестороннее развитие всей нашей промышленности, в частности металлургии, машиностроения, приборостроения, электроники, химии. Благодаря этому в настоящее время Советский Союз имеет в серийном производстве ядерно-ракетное оружие всех классов и назначений и другую отвечающую современному уровню оборонную технику, способную в руках доблестных Советских Вооруженных Сил обеспечить защиту нашей великой Родины и в случае необходимости дать достойный отпор любым агрессорам и авантюристам.

Успехи СССР в развитии ядерного оружия являются новым ярким показателем несомненного преимущества социалистической системы, огромного развития советской науки и высокого технического уровня всей нашей промышленности.

Н. С. Хрущев в выступлении на приеме советских журналистов в Кремле 14 ноября 1959 года сказал, что «сейчас у нас накоплено такое количество ракет, такое количество атомных и водородных зарядов, что если бы на нас напали, то мы сможем смести с лица земли всех вероятных своих противников». Н. С. Хрущев далее отметил, что при посещении одного из заводов он ознакомился с тем, как рабочие, инженеры, ученые производят ракеты. «Знакомясь с этим производством, испытываешь противоречивые чувства: здесь производится самое смертоносное, самое истребительное оружие, а с другой стороны, гордишься тем, что оно у нас есть... За один год тот завод, на котором мы были, на потоке сделал 250 ракет с водородным зарядом. Это многие миллионы тонн, если взять в пересчете на обычные взрывчатые вещества. Вы можете себе представить, что если такое смертоносное оружие взорвать над какой-нибудь страной, то там вообще ничего не останется.

Вот каким мощным оружием мы располагаем для защиты своей Родины. Имея такое оружие, мы заявляем, что готовы все это утопить в море в интересах обеспечения мира на земле, в интересах будущего, чтобы все люди и нашего, и будущих поколений могли жить спокойно, чтобы они знали, что мы не только не хотим войны, но и не хотим иметь средств для ведения войны. Мы готовы уничтожить все это оружие немедленно, если последуют нашему примеру другие страны» [1].

Н. С. Хрущев в докладе на сессии Верховного Совета СССР 14 января 1960 г. говорил, что «сейчас в руках Советской Армии находятся такие боевые средства и такая огневая мощь, какой никогда не имела ни одна армия. Я еще раз подчеркиваю, что мы уже имеем столько ядерного оружия — атомного и водородного и соответственно ракет для доставки этого оружия на территорию

[1] Н. С. Хрущев. Советская печать должна быть самой сильной и самой боевой! Выступление на приеме советских журналистов в Кремле 14 ноября 1959 года. Газета «Правда» от 18 ноября 1959 г.

возможного агрессора, что если бы какой-либо безумец вызвал нападение на наше государство или на другие социалистические государства, то мы смогли бы страну или страны, напавшие на нас, буквально стереть с лица земли.

Каждый трезво мыслящий человек хорошо понимает, что атомное и водородное оружие представляет наибольшую угрозу тем странам, которые имеют большую плотность населения. Конечно, в случае возникновения новой мировой войны пострадают так или иначе все страны. Мы тоже перенесем большие беды, у нас будет много жертв, но мы выживем, наша территория огромна и население менее сосредоточено в крупных промышленных центрах, чем во многих других странах. Несравненно больше пострадает Запад. Если агрессоры развяжут новую войну, то она будет не только их последней войной, но и гибелью капитализма, так как народы ясно поймут, что капитализм является источником, порождающим войны, и дальше не будут терпеть этот строй, несущий страдания и бедствия человечеству.

...Советские люди могут чувствовать себя спокойно и уверенно: современное вооружение Советской Армии вполне обеспечивает неприступность нашей страны» [1].

[1] Н. С. Хрущев. Разоружение — путь к упрочению мира и обеспечению дружбы между народами. Доклад на сессии Верховного Совета СССР. Газета «Правда» от 15 января 1960 г.

ГЛАВА I

КРАТКИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

1. Строение атома и его ядра

Чтобы понять действие ядерного взрыва, следует знать, каким образом выделяется ядерная энергия. С этой целью необходимо выяснить, как построено вещество вообще и где запасена в этом веществе энергия.

В повседневной жизни мы имеем дело с различными веществами и предметами, окружающими нас. Эти предметы обладают характерными для каждого из них свойствами: размерами, формой, цветом, запахом, весом и др. Свойства веществ могут изменяться. Мы знаем, что вещества способны расширяться или сжиматься, переходить из твердого состояния в жидкое и газообразное, иногда способны светиться и т. д.

Чем же можно все это объяснить? Все вещества состоят из мельчайших, невидимых невооруженным глазом частиц, которые называются атомами. Атомы различных веществ неодинаковы по своему строению. Например, атом водорода отличается от атома железа, а атом железа отличается от атома урана. Вещества, состоящие из однородных атомов, называются **химически простыми веществами,** или химическими элементами. К настоящему времени известно 102 химических элемента. Все они представлены в периодической системе Д. И. Менделеева.

В природе же имеется большое многообразие веществ. В настоящее время их насчитывается более миллиона. Откуда же они появились?

Отдельные атомы, объединяясь друг с другом, способны образовывать новые частицы — **молекулы.** В свою очередь объединение молекул между собой приводит к образованию **сложных веществ** (вода, нефть и т. п.). Физическими или химическими способами сложные вещества можно разложить на простые.

Если разложить сложное вещество, например воду, на ее составные части, то увидим, что молекула воды состоит из двух атомов химического элемента водорода и одного атома химического элемента кислорода. Молекула поваренной соли состоит из атома натрия и атома хлора.

Число атомов, входящих в состав молекул более сложных веществ, исчисляется иногда десятками, сотнями и более.

Сталь, бетон, дерево, грунт также состоят из различных молекул. Все это сложные вещества — в отличие от таких, как водород, кислород, железо, серебро, уран и т. д., которые являются простыми веществами. Молекулы различны не только по составу, но и по размерам. При обычных условиях (температура 0°С и нормальном давлении) в каждом кубическом миллиметре воздуха содержится $2{,}687 \cdot 10^{16}$ молекул. В настоящее время советскими учеными создан электронно-ионный проектор, с помощью которого можно видеть сложные и простые молекулы.

Таким образом, все вещества в природе, как простые, так и сложные, состоят из атомов.

Атомы — это как бы «кирпичики», из которых построена вся окружающая нас природа и мы сами. Это самые маленькие частицы, на которые могут распадаться вещества при химических реакциях.

Долгое время считали, что атом неделим. Даже само слово «атом» в переводе с греческого означает «неделимый». Однако дальнейшее развитие науки показало, что атом является сложной частицей. Хотя атомы крайне малы и их невозможно увидеть даже в самый сильный микроскоп, они отличаются друг от друга строением, размерами и весом.

Атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг него вращаются отрицательно заряженные частицы, называемые электронами, которые образуют электронную оболочку атома (рис. 1).

Электрон — мельчайшая частица вещества, обладающая отрицательным зарядом. Электрический заряд, меньший, чем у электрона, никогда не наблюдался. Поэтому в атомной физике принято все заряды измерять в зарядах электрона.

Ядро состоит из **протонов** и **нейтронов**, которые вместе часто называют **нуклонами.** Размеры атома определяются его электронной оболочкой и составляют величину порядка 10^{-8} см. Размеры же ядра определяются величиной порядка 10^{-12}—10^{-13} см. Если представить себе атом в виде шара диаметром 100 м, то ядро в нем будет величиной с дробинку диаметром около 1 мм.

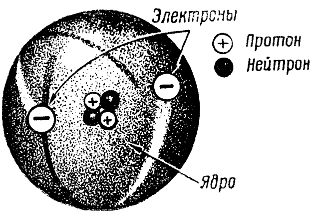


Рис. 1. Схема строения атома гелия

Протон — ядерная частица, имеющая положительный электрический заряд, по абсолютной величине равный заряду электрона. Масса протона в 1836 раз больше массы электрона.

Нейтрон — ядерная частица, не имеющая электрического заряда. Масса нейтрона равна приблизительно массе протона.

Ядра атомов различных элементов имеют неодинаковое количество протонов — от одного (атом водорода) до 102 (атом нобелия), а значит, и разный заряд.

Количество протонов определяет свойства атома данного химического элемента и равно порядковому (атомному) номеру Z элемента в периодической системе Менделеева. Так, например, атом водорода имеет один протон, поэтому водород стоит на первом месте, атом гелия — два протона, гелий стоит на втором месте и т. д.

Число электронов в электронной оболочке атома обычно равно числу положительных зарядов (протонов) в его ядре. Благодаря этому атом в целом при нормальных условиях электрически нейтрален, то есть не заряжен.

Из равенства числа протонов и электронов в атоме можно сделать вывод, что почти вся его масса заключена в ядре, так как протон (нейтрон) в 1836 раз тяжелее электрона. Известно, что энергия прямо пропорцио-

нальна массе. Отсюда следует, что **почти вся энергия атома заключена также в его ядре.**

Другой важной характеристикой атома является массовое число A. Массовое число равно количеству протонов и нейтронов (нуклонов) в ядре атома и численно равно его атомному весу, округленному до целых единиц. Зная массовое число ядра A и количество протонов (заряд) Z, легко определить число нейтронов N как разность между A и Z: $N = A - Z$. Например, гелий имеет массовое число $A = 4$, а заряд $Z = 2$. Тогда число протонов в его ядре $N = 4 - 2 = 2$.

Обычно у символа химического элемента эти два числа Z и A ставятся: Z—слева внизу, A—справа вверху. Это будет выглядеть так: для гелия $_2He^4$, для железа $_{26}Fe^{56}$ и т. д. Число протонов в ядре данного химического элемента остается неизменным. Что же касается нейтронов, то их число может быть различным. Атомы, в ядрах которых находится одинаковое число протонов, но разное число нейтронов, обладают одинаковыми химическими свойствами, но разными атомными весами (массовыми числами). Такие атомы называются **изотопами.** Почти каждый химический элемент имеет изотопы. Например, водород имеет три изотопа. Кроме наиболее распространенного изотопа водорода $_1H^1$, известны еще два изотопа: тяжелый водород $_1H^2$ (дейтерий — D) и сверхтяжелый водород (тритий — T). У каждого из них в ядре находится по одному протону (на электронной оболочке по одному электрону), у дейтерия дополнительно один нейтрон, у трития — два нейтрона.

Уран имеет 11 изотопов, но в природных соединениях урана находятся только 3 изотопа: уран 238 (массовое число $A = 238$), уран 235 и уран 234. В их ядрах находится по 92 протона и соответственно 146, 143 и 142 нейтрона.

В настоящее время у 102 химических элементов известно свыше 1000 изотопов.

Строение электронной оболочки. Как уже отмечалось, электроны движутся вокруг ядра в области, получившей название электронной оболочки. В ней каждый электрон движется по вполне определенной орбите.

Орбиты электронов находятся на разных расстояниях от ядра и группируются в слои, окружающие ядро. В каждом слое находится не более определенного количе-

ства электронов. Самый близкий к ядру слой, называемый K-слоем, содержит не более двух электронов; следующий за ним L-слой — не более восьми; третий, M-слой, — не более восемнадцати электронов и т. д. Схемы строения электронных оболочек атомов некоторых химических элементов показаны на рис. 2.

Между электронами и ядром атома действуют электрические силы притяжения. Поэтому электроны, двигаясь, удерживаются на строго определенных орбитах,

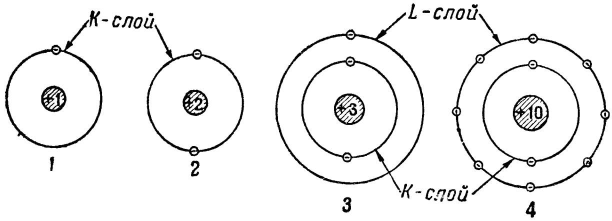


Рис. 2. Схемы строения электронных оболочек атомов: *1* — водорода; *2* — гелия; *3* — лития; *4* — неона

подобно планетам, движущимся вокруг Солнца. Чем ближе электрон расположен к ядру, тем больше сила связи его с ядром, и наоборот.

Следовательно, всегда нужно затратить работу для перевода электрона с меньшей орбиты на бóльшую.

Каждому слою электронной оболочки соответствует определенное значение энергии, которой обладают электроны, находящиеся в данном слое. Полная энергия электрона в атоме слагается из кинетической энергии движения его по орбите и потенциальной энергии притяжения электрона к ядру.

При нормальном, устойчивом состоянии атома электроны находятся на ближайших к ядру орбитах (слоях), которые соответствуют наименьшим значениям энергии электрона, а следовательно, и атома в целом.

С увеличением расстояния от ядра кинетическая энергия электрона уменьшается, а потенциальная увеличивается (подобно тому, как увеличивается потенциальная энергия камня с подъемом над поверхностью земли), причем в большей степени, чем уменьшается кинетическая. Поэтому полная энергия электрона с увеличением радиуса орбиты также увеличивается, а значит, увеличивается и энергия атома в целом.

Возможные значения внутренней энергии атома получили название **уровней энергии атома** [1].

Атом водорода содержит всего один электрон, который находится на одной из орбит первого слоя (K-слоя). Атом гелия обладает двумя электронами, находящимися на двух орбитах первого слоя. Таким образом, у гелия первый слой целиком заполнен.

Атомы, у которых слои заполнены полностью, являются химически неактивными: они не только не способны соединяться с другими атомами, но даже и друг с другом в молекулы. Из таких атомов состоят так называемые инертные газы: гелий, неон, аргон и др.

Гениальный русский химик Д. И. Менделеев установил, что свойства химических элементов периодически повторяются через правильные интервалы. Позднее оказалось, что эти свойства являются отражением глубоких закономерностей строения атома, его электронной оболочки.

В таблице Менделеева за гелием идет литий с тремя электронами в электронной оболочке: два в первом слое, а третий начинает построение нового электронного слоя.

Этот электрон связан с ядром слабее двух первых, и атом лития, как и водорода, легко отдает его при химических реакциях. Следующие после лития элементы — бериллий, бор, углерод и т. д. — сохраняют слой K из двух электронов, но число электронов во втором слое L у них последовательно увеличивается на единицу, пока не достигнет восьми в атоме неона. Значит, у неона полностью заполнены оба первых электронных слоя K и L, в первом находится два, а во втором — восемь электронов. Получается опять устойчивое соединение электрона в электронной оболочке, вследствие чего неон, подобно гелию, не может ни отдавать, ни принимать электроны. Поэтому неон относится к группе инертных газов. Вслед за неоном следует натрий. У него одиннадцать электронов в оболочке. Десять образуют слои K и L, а одиннадцатый начинает построение нового слоя M. Атом натрия имеет, таким образом, структуру, подобную литию: у то-

[1] Название «уровень энергии» связано по аналогии с энергией, затрачиваемой на подъем некоторого тела на определенную высоту. Чем выше поднято тело, тем больше его энергия положения — потенциальная энергия. Разность потенциальных энергий тела на двух высотах определяется разностью уровней.

го и другого во внешнем слое находится по одному электрону, что делает эти элементы химически сходными.

Электрон устойчиво движется по своей орбите, но это не значит, что он навсегда «привязан» к ней. Если воздействовать на него какой-либо внешней силой (ударом другого электрона, нагреванием тела и т. п.), то электрон способен «перескочить» с одной близкой к ядру орбиты на более удаленную. При этом его энергия увеличивается, или, как принято говорить, «атом возбуждается». В возбужденном состоянии атом находится очень короткое время, а затем электрон возвращается опять на свободную, более близкую к ядру орбиту.

При таком обратном переходе электрона на прежнюю орбиту энергия его уменьшается, а ее избыток испускается в виде электромагнитного излучения (называемого фотоном). Величина порции энергии, переносимой этим фотоном, равна разности энергии электрона в слоях электронной оболочки (при возбуждении и до возбуждения).

Если E_1 — энергия электрона до возбуждения, а E_2 — энергия электрона при возбуждении, то величина энергии, переносимой фотоном, равна $\varepsilon = E_2 - E_1$.

Какой же вид излучения будет испускаться при переходе атома из возбужденного состояния в нормальное? В зависимости от энергии фотона при переходе электрона с дальней орбиты на более близкую к ядру происходит световое или рентгеновское излучение.

Чем больше энергия фотона, тем меньше длина волны излучения.

Внешняя сила, воздействующая на электрон, может быть такова, что электрон оторвется от атома. Процесс удаления электронов с электронной оболочки атома называется **ионизацией.** Атом может быть ионизирован в результате отрыва от него одного или нескольких электронов (в последнем случае ионизация называется многократной). Атом или молекула, потерявшие один или несколько электронов, являются положительным **ионом.** Положительный заряд такого иона равен по величине заряду потерянных электронов. Энергия, необходимая для полного удаления электрона из атома без сообщения ему кинетической энергии, называется **энергией связи электрона в атоме.**

Наибольшей энергией связи обладают электроны, находящиеся в слое К. Электроны более удаленных слоев имеют меньшую энергию связи (связаны с ядром значительно слабее). Это происходит потому, что, во-первых, они находятся на гораздо большем расстоянии от ядра, во-вторых, сила притяжения внешних электронов положительным ядром в большей степени компенсируется отталкиванием со стороны отрицательных электронов, расположенных во внутренних слоях.

Как показывают измерения, чтобы оторвать от атома один из наружных электронов, нужна энергия от 5 до 20 эв [1] в зависимости от порядкового номера атома. При возвращении такого электрона на прежнюю орбиту будет испущен световой квант с энергией также 5—20 эв. Этой энергии будет соответствовать длина волны инфракрасного, видимого или ультрафиолетового света. Процесс присоединения электрона к положительному иону называется **рекомбинацией.** Таким образом, испускание инфракрасного, видимого и ультрафиолетового света (в оптической области) связано с поведением внешних электронов атома.

Для удаления электронов с внутренних слоев сложных атомов нужна гораздо большая энергия, чем для удаления электронов из внешних слоев. Так, чтобы у атома натрия вырвать электрон с К-слоя, нужна энергия около 1100 эв, меди — свыше 9000 эв, вольфрама — около 70 000 эв. Переход электронов в этом случае с L-слоя и следующих за ним слоев на свободное место в К-слое приводит к испусканию квантов с большой энергией, соответствующей энергии рентгеновских лучей.

Рассмотрим теперь, как происходит выделение энергии, заключенной в ядре атома.

2. Реакции, используемые в ядерном оружии

Часть энергии, заключенной в электронной оболочке атомов, выделяется при химических реакциях (горение топлива, взрыв обычных взрывчатых веществ и др.) и

[1] За единицу энергии в атомной физике принят электрон-вольт (эв). Электрон-вольт представляет собой кинетическую энергию, которую приобретает электрон при прохождении им ускоряющего электрического поля с разностью потенциалов в 1 вольт.

1 эв = $1{,}6 \cdot 10^{-12}$ эрг = $3{,}82 \cdot 10^{-20}$ кал.

1 Мегаэлектрон-вольт (Мэв) = 10^6 эв.

называется химической. При этом происходит перестройка молекул, в результате чего изменяются лишь электронные оболочки атомов, а ядра остаются неизменными. Химические реакции могут происходить как с выделением энергии, так и с поглощением ее.

При взрыве 1 кг тротила (тола) выделяется около 1000 больших калорий, при сгорании 1 кг хорошего каменного угля — до 7000, а 1 кг нефти — до 11 000 больших калорий химической энергии. Значительно бо́льшие количества энергии могут быть получены из атомных ядер, поскольку запасы энергии в них во много раз превосходят запасы энергии в электронных оболочках. Энергия, освобождающаяся при ядерных реакциях, в миллионы раз превышает энергию, выделяющуюся при сжигании такого же количества лучшего топлива.

В отличие от химических реакций ядерные реакции связаны с изменениями в ядрах атомов. При этом происходит увеличение или уменьшение числа нейтронов или протонов, что приводит к образованию нового химического элемента или нового изотопа исходного элемента.

При ядерных реакциях, так же как и при химических, происходит либо выделение энергии, либо поглощение ее.

Энергию, которая выделяется или поглощается при ядерных реакциях, принято называть ядерной.

Для того чтобы объяснить ядерные реакции, используемые в ядерном оружии, необходимо сначала рассмотреть силы, действующие между частицами (протонами и нейтронами) в ядре.

Как известно, частицы, имеющие одинаковые по знаку электрические заряды, отталкиваются друг от друга. Казалось бы, что при таких условиях ядра атомов, в состав которых входят одинаково заряженные частицы — протоны, должны самопроизвольно распадаться на составные части, то есть на протоны и нейтроны. Между тем ядра в большинстве случаев очень устойчивы. Это объясняется тем, что в ядре, кроме сил электростатического отталкивания, действуют особые ядерные силы, препятствующие разрушению ядра.

Ядерные силы проявляются лишь на очень близких расстояниях: радиус их действия не превышает 10^{-12} см. Внешне ядерные силы подобны силам молекулярного сцепления в жидкости и придают ядру сферическую форму, как наиболее устойчивую из известных форм.

Силы притяжения (ядерные силы) в ядрах большинства встречающихся в природе атомов преобладают над силами электрического отталкивания, поэтому такие ядра очень устойчивы. Устойчивость ядра зависит от соотношения числа протонов и нейтронов в нем. Если количество протонов и нейтронов в ядре отклоняется от определенного соотношения, ядро будет неустойчивым. Неустойчивые ядра самопроизвольно изменяются, превращаясь в устойчивые. В природе это явление наблюдается у ядер тяжелых элементов: урана, радия и некоторых других. В этих ядрах силы отталкивания иногда становятся больше ядерных сил сцепления и разрывают ядро на части. Однако такой процесс самопроизвольного (спонтанного) деления ядер происходит очень редко.

Поскольку между протонами и нейтронами в ядре действуют силы притяжения, то очевидно, что для расщепления ядра на составляющие его частицы нужно совершить работу против ядерных сил и, следовательно, затратить некоторую энергию. Наоборот, при образовании ядра из протонов и нейтронов такое же количество энергии выделяется. Энергию, которая выделяется при образовании ядра атома химического элемента из протонов и нейтронов, называют **энергией связи**, или **энергией образования ядра.**

Как определить энергию связи ядра какого-либо химического элемента?

Опытами установлено, что масса ядра любого атома на некоторую небольшую величину Δm всегда меньше суммы масс отдельных нейтронов и протонов, необходимых для образования ядра. Покажем это на примере ядра гелия $_2He^4$, в состав которого входит два протона и два нейтрона. Сумма масс двух протонов и двух нейтронов равна $2 \times 1{,}0076 + 2 \times 1{,}0089 = 4{,}033$ атомных единицы массы (аем)[1]. Масса же ядра гелия равна 4,003 аем. Следовательно, при образовании ядра гелия потеря массы равна 0,03 аем. Убыль массы при образовании ядер получила название **дефекта массы.**

Исходя из закона взаимосвязи массы и энергии по выделившейся массе легко определить и соответствующее количество выделенной энергии. При определении энергии по приводимой ниже формуле массу, выражен-

[1] 1 аем = $1{,}66 \cdot 10^{-24}$ г.

ную в атомных единицах массы, нужно перевести в граммы. Для ядра гелия энергия образования равна

$$E = \Delta mc^2 = 0{,}03 \cdot 1{,}66 \cdot 10^{-24} \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 45 \cdot 10^{-6} \text{ эрг} =$$

$$= 1{,}08 \cdot 10^{-12} \text{ калорий.}$$

Здесь:

Δm — масса в граммах;

c — скорость света в см/сек.

Для того чтобы определить, какое количество энергии освободится при образовании одного грамма гелия, нужно найденное количество энергии помножить на число атомов, содержащихся в грамме гелия[1] и равное $1{,}5 \cdot 10^{23}$. Количество энергии, выделяющееся при образовании одного грамма атомов гелия, оказывается равным $1{,}08 \cdot 10^{-12} \times 1{,}5 \cdot 10^{23} = 1{,}6 \cdot 10^{11}$ калорий. Примерно такое же количество энергии дает Днепрогэс в течение часа.

Выраженная в мегаэлектрон-вольтах энергия связи ядра гелия равна

$$\frac{1{,}08 \cdot 10^{-12}}{3{,}8 \cdot 10^{-20}} = 28 \cdot 10^6 \text{ эв} = 28 \text{ Мэв.}$$

Для расчетов иногда более удобно пользоваться не полной энергией связи на все ядро E, а удельной энергией связи, приходящейся на один нуклон $\frac{E}{A}$. Следовательно, для ядра гелия, состоящего из четырех нуклонов ($A = 4$), энергия связи, приходящаяся на один нуклон, будет равна $\frac{E}{A} = \frac{28}{4} = 7$ Мэв. Дефект массы определен для всех ядер химических элементов. Например, для ядра тяжелого водорола (дейтерия) он равен 0,00235 аем, для ядра лития — 0,034 аем, ядра никеля — 0,171 аем, ядра криптона — 0,756 аем, ядра урана — 1,915 аем. Значит, для этих химических элементов можно определить энергию связи. Для указанных химических элемен-

[1] Число атомов в одном грамме любого химического элемента равно числу Авогадро ($6{,}02 \cdot 10^{23}$), деленному на атомный вес этого элемента. Для гелия атомный вес равен четырем, тогда это число составляет $\frac{6{,}02 \cdot 10^{23}}{4} = 1{,}5 \cdot 10^{23}$ атомов.

тов энергия связи на один нуклон будет равна: для дейтерия — 1,09 Мэв, лития — 5,35 Мэв, никеля — 8,0 Мэв, криптона — 8,7 Мэв, урана — 7,6 Мэв. Вычисленные таким образом значения энергии связи ядер всех химических элементов, приходящейся на один нуклон $\frac{E}{A}$, приведены в виде кривой на рис. 3.

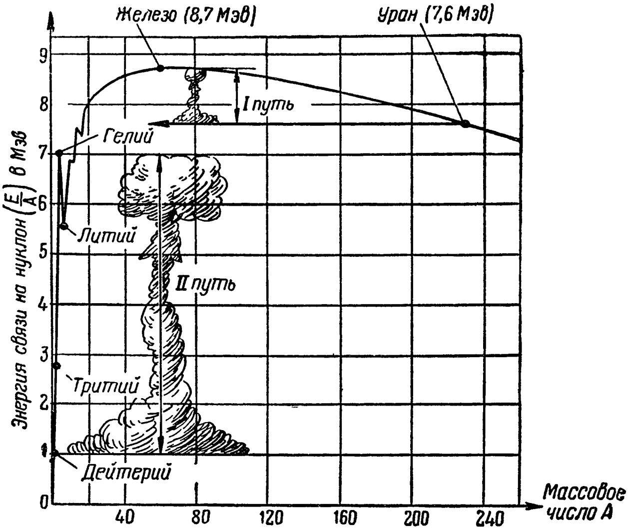


Рис. 3. Кривая энергии связи. Возможные пути выделения ядерной энергии. Первый путь — деление ядер урана на более легкие ядра. Второй путь — образование ядер гелия из ядер дейтерия и трития. Второй путь более выгоден (это наглядно показывает сравнение величины облаков взрывов)

На рис. 3 по горизонтальной оси отложено массовое число элементов A, а по вертикальной оси — энергия связи ядра, приходящаяся на один нуклон $\frac{E}{A}$, в мегаэлектрон-вольтах (Мэв).

Из рисунка видно, что наибольшая удельная энергия выделяется при образовании ядер атомов с массовым числом 60—80, находящихся в средней части периодической таблицы Менделеева. Ядра атомов, расположенных в начале и в конце периодической таблицы, образуются с

меньшим выделением энергии на один нуклон. Кривая удельной энергии связи дает наглядное представление об устойчивости (прочности) атомных ядер химических элементов. Чем прочнее ядро, тем больше нужно затратить энергии на преодоление ядерных сил притяжения при отщеплении от ядра одного нуклона, протона или нейтрона. Необходимая для этого энергия показана на рис. 3 для каждого химического элемента.

Такая же величина энергии на один нуклон выделится при образовании ядра из протонов и нейтронов.

Поэтому, чем больше удельная энергия связи, тем устойчивее (прочнее) ядро. Значит, наибольшей прочностью обладают ядра атомов химических элементов средней части таблицы, а наименьшей — начала и конца таблицы. Это обстоятельство указывает на два возможных в принципе способа высвобождения ядерной энергии: первый — деление ядер тяжелых элементов, расположенных в конце периодической таблицы, на более легкие ядра; второй — соединение (синтез) ядер легких элементов (например, водорода) в более тяжелые ядра (например, гелия).

а) **Высвобождение внутриядерной энергии при делении тяжелых ядер урана на более легкие ядра.**

На кривой рис. 3 видно, что энергия связи на один нуклон ядра урана равна 7,6 Мэв, а энергия связи на один нуклон ядер железа и других близко расположенных элементов — 8,7 Мэв. Если осуществить ядерную реакцию, в которой ядра железа и близких к нему в таблице элементов будут образовываться путем деления ядер урана, то будет выделяться 1,1 Мэв на один нуклон, так как выделяющаяся энергия равна разности энергии связи конечных и исходных элементов. Обратная реакция, то есть соединение ядер элементов среднего веса в ядра урана, потребовала бы затраты такого же количества энергии.

Подсчитаем, какое количество энергии выделяется при делении ядер одного килограмма урана. При делении одного ядра урана 235 на два приблизительно равных ядра атомный вес каждого из этих более легких ядер составит примерно $\frac{235}{2} = 117$. Так как энергия связи на каждый нуклон этих легких ядер равна примерно 8,5 Мэв, то полная энергия связи одного легкого ядра

будет $117 \times 8{,}5 = 994$ Мэв. Полная же энергия связи ядра урана 235, состоящего из 235 нуклонов, равна $235 \times 7{,}6 = 1786$ Мэв. При делении одного ядра урана на два легких осколка высвободится энергия, равная разности полной энергии связи двух образовавшихся ядер легких элементов и полной энергии связи ядра урана, то есть $2 \times 994 - 1786 = 202$ Мэв.

В 1000 г урана содержится $\frac{6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot 1000}{235} = 2.56 \cdot 10^{24}$ атомов. При расщеплении всех ядер этих атомов высвободится энергия, равная $2{,}56 \times 10^{24} \times 202 = 520 \cdot 10^{24}$ Мэв $\approx 2 \cdot 10^{13}$ калорий $= 2 \cdot 10^{10}$ больших калорий (1 Мэв $= 3{,}8 \cdot 10^{-14}$ калорий).

Для наглядного представления подсчитаем, сколько же нужно взорвать тротила, чтобы получить такое количество энергии Известно, что при взрыве 1 кг тротила выделяется около 1000 больших калорий. Следовательно, в нашем случае нужно будет одновременно взорвать очень большое количество тротила, примерно равное 20 тыс. т.

б) **Высвобождение внутриядерной энергии при соединении легких ядер атомов (водорода) в более тяжелые ядра (гелия).**

Рассчитаем, какое количество энергии выделится при образовании ядра гелия из ядер дейтерия и трития. Полная энергия связи ядра дейтерия, состоящего из двух нуклонов, равна $2 \times 1{,}09 = 2{,}18$ Мэв, а ядра трития, состоящего из трех нуклонов, равна $3 \times 2{,}78 = 8{,}34$ Мэв. Полная же энергия связи ядра гелия равна 28 Мэв. Следовательно, при образовании одного ядра атома гелия из ядер дейтерия и трития высвободится ядерная энергия, равная $28 - (2{,}18 + 8{,}34) = 17{,}48$ Мэв.

Вычислим количество энергии, выделяющейся при образовании всех ядер атомов одного килограмма гелия из ядер дейтерия и трития.

В 1000 г гелия содержится $\frac{6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot 1000}{4} = 1{,}5 \cdot 10^{26}$ атомов. Поэтому при образовании 1 кг гелия из ядер дейтерия и трития высвободится ядерная энергия, равная $1{,}5 \cdot 10^{26} \times 17{,}48 = 26{,}2 \cdot 10^{26}$ Мэв $= 1{,}0 \cdot 10^{14}$ калорий $= 1{,}0 \cdot 10^{11}$ больших калорий.

Если сравним расчеты, выполненные нами для первого и второго способов высвобождения ядерной энер-

гии, то увидим, что при втором способе выделяется энергии примерно в пять раз больше, чем в первом.

В настоящее время оба эти способа применяются на практике. Первый способ — деление ядер атомов урана или плутония на более легкие с помощью цепной ядерной реакции — в атомном оружии и в атомных силовых установках; второй способ — образование с помощью термоядерной реакции ядер гелия из ядер атомов дейтерия и трития — в термоядерном оружии.

3. Принципы устройства атомных зарядов

При бомбардировке нейтронами ядер атомов урана или плутония они делятся на ядра более легких элементов. При этом, как уже отмечалось, выделяется значительная ядерная энергия.

Нейтрон, попадающий в ядро урана, возбуждает его и делает менее устойчивым. В результате ядро теряет свою сферическую форму, вытягивается и делится на два (реже на три) ядра химических элементов средней части таблицы Менделеева. Например, из урана образуются пары ядер теллура и циркония, ксенона и стронция, криптона и бария и другие, причем обычно образовавшиеся ядра имеют различные массы. Эти новые ядра («осколки») сильно перегружены нейтронами. В самом деле, в ядре урана 235 содержится 143 нейтрона, а существующие в природе изотопы, например криптона и бария, имеют соответственно не более 50 и 82 нейтронов, в сумме 132 нейтрона. Следовательно, ядра криптона и бария, образовавшиеся при делении урана, имеют 11 лишних нейтронов. Это приводит к тому, что «осколки» деления становятся радиоактивными. Они испускают бета-частицы потому, что часть нейтронов в ядрах превращается в протоны. Но перегрузка «осколков» нейтронами так велика, что два — три нейтрона испускаются при делении в свободном виде (для урана 235 в среднем 2,5 на каждое разделившееся ядро).

Способность ядра урана испускать при своем делении несколько нейтронов лежит в основе так называемой **цепной ядерной реакции.** Сущность ее состоит в следующем. Условимся для простоты, что в куске урана при каждом делении одного ядра появляется два свободных (вторичных) нейтрона (рис. 4).

Сталкиваясь с двумя ядрами и вызывая их деление,

два вторичных нейтрона порождают уже четыре свободных нейтрона. Те в свою очередь вызовут деление четырех ядер, при этом появится уже восемь вторичных нейтронов и т. д.

Таким образом, число разделившихся ядер, а значит, и число освобождающихся нейтронов будет нарастать с огромной скоростью, лавинообразно, без какого-либо внешнего воздействия.

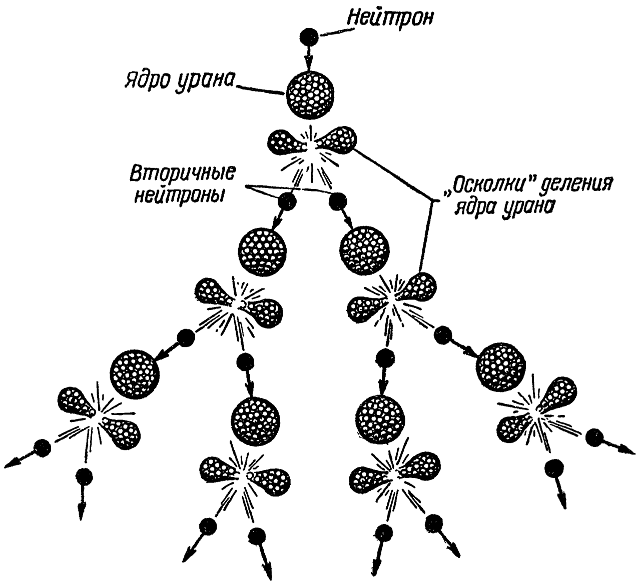


Рис. 4. Схема развития цепной ядерной реакции

Поэтому такой процесс называется цепным процессом деления ядер. Так как этот процесс протекает в миллионные доли секунды, происходит почти мгновенное высвобождение энергии, то есть **атомный взрыв.**

При взрыве выделится огромное количество энергии. Как уже указывалось, при делении атомных ядер одного килограмма урана 235 высвобождается энергия, равная энергии взрыва 20 тыс. т. тротила. Мощность атомных бомб и принято определять тротиловым эквивалентом, то есть количеством тротила, энергия взрыва которого равна энергии взрыва данной атомной бомбы.

Какое же условие необходимо для осуществления

цепной ядерной реакции? Опыты показывают, что не все освободившиеся нейтроны вызывают деление последующих ядер. Часть из них улетает за пределы куска урана, а часть захватывается ядрами урана, не вызывая их деления. В зависимости от доли потерянных нейтронов цепные реакции могут протекать с различными скоростями.

Если из трех нейтронов, появившихся в результате деления ядра урана, только один вызывает деление следующего ядра, то цепная реакция будет происходить с постоянной скоростью. Если же число новых делений будет меньше или больше одного, то в первом случае цепная ядерная реакция будет затухать, а во втором — протекать со все возрастающей скоростью и окончится взрывом.

Следовательно, для развития ускоренной цепной реакции необходимо, чтобы в среднем не менее чем один нейтрон из освободившихся при делении каждого ядра вызвал последующее деление.

Среднее число новых делений, вызванных нейтронами одного разделившегося ядра, называется **коэффициентом развития цепной ядерной реакции.** Цепная ядерная реакция взрывного характера возможна только в том случае, если величина коэффициента развития реакции больше единицы. Чем больше этот коэффициент по сравнению с единицей, тем быстрее протекает ядерная реакция в заряде. Например, при коэффициенте развития ядерной реакции, равном двум, происходит в среднем два новых деления нейтронами одного разделившегося ядра. Количество нейтронов, производящих деление, будет расти по следующей геометрической прогрессии: 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32 : 64. Число нейтронов удваивается от одного поколения к другому, так что уже в десятом поколении их будет 1024, а в восьмидесятом — около 10^{24}, то есть примерно столько, сколько имеется атомов в 0,4 кг урана. Таким образом, скорость развития цепной реакции зависит от того, как происходит размножение нейтронов, которое характеризуется коэффициентом развития цепной ядерной реакции.

Скорость развития цепной ядерной реакции зависит также от энергии основной части нейтронов, участвующих в реакции деления, так как не все ядра изотопов урана обладают способностью делиться под воздействием нейтронов. Как известно, природный уран состоит в основном из двух изотопов урана 235 (0,7%) и урана 238 (99,3%). Ядра урана 235 делятся нейтронами,

обладающими любой энергией, как большой, так и малой. Ядра же атома урана 238 делятся только нейтронами, энергия которых больше некоторого порогового значения, равного 1,1 мегаэлектрон-вольта. При меньшей энергии нейтрона он захватывается ядром урана 238, не производя деления.

Однако даже в этом случае, если нейтрон будет иметь энергию, большую, чем пороговая, наиболее вероятным результатом столкновения его с ядром урана 238 будет не захват, а неупругое рассеяние. Нейтрон при этом потеряет часть своей энергии, и уже при последующем столкновении величина его энергии будет ниже порогового значения. В силу этого деление ядра урана 238, вызванное захватом нейтрона, является очень редким.

Следует заметить, что при достаточно большой энергии нейтрона — свыше пяти мегаэлектрон-вольт, ядра урана 238 достаточно эффективно делятся. Это обстоятельство используется в термоядерном оружии для увеличения мощности взрыва, о чем будет сказано ниже.

В зависимости от величины энергии нейтронов, участвующих в реакции деления ядер, различают цепные реакции на медленных и быстрых нейтронах.

Цепные ядерные реакции на медленных нейтронах осуществляются в ядерных реакторах, в которых природный или обогащенный изотопом 235 уран располагается в виде отдельных блоков или равномерно распределен в объеме замедлителя (обычная или тяжелая вода, графит). В природном уране цепная ядерная реакция возможна только в том случае, если нейтроны будут иметь весьма малые энергии (около $^1/_{40}$ электрон-вольта). При такой малой энергии вероятность деления урана 235 уже столь велика, что деление его ядер, несмотря на их малое содержание, преобладает над процессом захвата нейтронов ядрами урана 238.

Роль замедлителя сводится к тому, чтобы быстро замедлить нейтроны, полученные от деления ядер урана 235 и тем самым избежать захвата их ядрами урана 238.

Цепные ядерные реакции на быстрых нейтронах могут быть осуществлены только в уране, сильно обогащенном ураном 235, в котором захват нейтронов ядрами урана 238 мал ввиду их малой концентрации.

Цепные ядерные реакции на быстрых нейтронах осу-

ществляются в некоторых типах ядерных реакторов и в атомных бомбах.

Из вышеизложенного следует, что наиболее распространенный в природе изотоп урана — уран 238 — не может быть использован в оружии для цепной ядерной реакции. Для этой цели пригоден только уран 235 (или природный уран, сильно обогащенный ураном 235), а также искусственно полученные уран 233 и плутоний. Уран 233 получается из тория, а плутоний — из урана 238 при облучении их нейтронами в ядерных реакторах.

Проанализируем теперь, от чего зависит величина коэффициента развития цепной ядерной реакции.

Оказывается, величина коэффициента развития цепной ядерной реакции зависит от ряда факторов. Наиболее важными из них являются тип и количество делящегося вещества, форма заряда, материал оболочки, в которую этот заряд заключен, а также наличие примесей в веществе заряда. Кратко рассмотрим влияние этих факторов на условия развития цепной ядерной реакции в делящемся веществе.

Путь, проходимый нейтронами в веществе до первого их столкновения с ядром атома, называется **длиной свободного пробега нейтронов.** Средняя длина свободного пробега нейтронов в делящемся веществе составляет величину порядка нескольких сантиметров. Значит, если размер заряда, например диаметр шара, меньше длины свободного пробега нейтронов, то цепная ядерная реакция невозможна (рис. 5, *а*). В этом случае нейтроны, освобождающиеся при делении отдельных ядер, вылетят из заряда, не вызвав деления других ядер, и рассеются в окружающем пространстве.

Для того чтобы освободившиеся при делении отдельных ядер нейтроны не улетали наружу, а вызывали в свою очередь деление других ядер, необходимо взять диаметр шара не меньше длины свободного пробега нейтронов (рис. 5, *б*). Из сказанного ясно, что атомный взрыв может произойти лишь при достаточном количестве делящегося вещества.

Наименьшее количество делящегося вещества, в котором возможна самоподдерживающаяся цепная ядерная реакция, называется **критической массой.** При большей массе реакция носит взрывной характер.

Величина критической массы в значительной степени

зависит от формы заряда делящегося вещества. С увеличением поверхности заряда при одинаковом весе делящегося вещества растет доля нейтронов, которые вылетают за его пределы, не вызывая деления других ядер. В связи с этим вес критической массы шарового заряда, имеющего наименьшее отношение площади поверхности к объему, меньше веса критической массы кубического

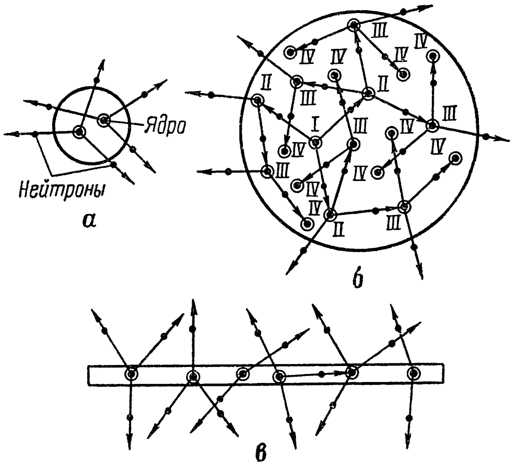


Рис. 5. Влияние формы и размеров делящегося вещества на развитие цепной ядерной реакции:

а — в малом куске делящегося вещества даже при наиболее благоприятной форме заряда в виде шара цепная реакция не развивается; *б* — в заряде делящегося вещества в виде шара с диаметром, в несколько раз превышающим среднюю длину свободного пробега нейтрона, цепная реакция быстро развивается; *в* — в тонкой пластинке из делящегося вещества цепная реакция не развивается

заряда и значительно меньше веса критической массы заряда, имеющего форму параллелепипеда. Тонкие пластинки или проволока из делящегося вещества обладают настолько большой поверхностью, что через нее, как это показано на рис. 5, *в*, практически будут вылетать почти все нейтроны, образующиеся при делении ядер. Поэтому тонкие пластинки или проволока из делящегося вещества могут иметь очень большой вес, но все-таки масса их будет меньше критической. В связи с этим такая форма может придаваться делящемуся веществу для длительного его хранения.

Например, прямоугольная пластинка с размерами $0,5 \times 40 \times 25$ см при объеме 500 см^3 имеет поверхность 2065 см^2. Шар такого же объема (радиус его равен примерно 5 см) имеет поверхность около 314 см^2. Как видим, при одном и том же объеме (массе) поверхность шара значительно меньше, чем у тонкой пластинки. Поэтому утечка нейтронов в окружающее пространство у шара значительно меньше, чем у тонкой пластинки.

Это значит, что у шара коэффициент развития цепной ядерной реакции будет равен единице при значительно меньшей массе, чем у куска другой формы. Другими словами, критическая масса имеет наименьшую величину в случае, когда кусок делящегося вещества имеет форму шара. Расчет показывает, что для урана 235 в этом случае критическая масса составляет несколько десятков килограммов (данные приведены ниже).

Существенное влияние на величину коэффициента развития цепной ядерной реакции и на величину критической массы может оказывать специальная оболочка (отражатель нейтронов), устраиваемая вокруг заряда делящегося вещества. Эта оболочка предназначена для возвращения нейтронов, вылетающих из делящегося вещества, в зону ядерной реакции. Возвращая в зону ядерной реакции часть вылетающих из делящегося вещества нейтронов, отражатель способствует увеличению коэффициента развития цепной ядерной реакции и уменьшению величины критической массы делящегося вещества.

Наличие примесей в делящемся веществе также существенно сказывается на величине коэффициента развития цепной ядерной реакции. С увеличением примесей величина коэффициента развития цепной ядерной реакции уменьшается, а величина критической массы возрастает. При большом содержании примесей последние могут поглощать настолько значительное количество нейтронов, освобождающихся при делении тяжелых ядер, что осуществление взрывной ядерной реакции будет невозможным.

Величина критической массы зависит также от плотности делящегося вещества. Как уже отмечалось, для критической массы линейный размер должен быть сравним со средней длиной свободного пробега нейтрона, которая обратно пропорциональна количеству ядер, содержащихся в единице объема делящегося вещества. Переходя от линейных размеров к массе, можно получить, что

величина критической массы заряда без отражателя приближенно обратно пропорциональна квадрату плотности делящегося вещества. Это значит, что если плотность вещества увеличить в два раза, то критическая масса уменьшается в четыре раза.

Наоборот, если делящееся вещество, масса которого больше критической, подвергнуть расширению, что в действительности и происходит при повышении температуры и давления в процессе реакции деления, то произойдет уменьшение плотности, в результате чего масса его станет докритической и, следовательно, начавшаяся в нем цепная реакция прекратится. Цепная реакция замедляется также продуктами деления, из которых многие обладают способностью сильно поглощать нейтроны.

В каждой атомной бомбе неизбежно пропадает (не подвергается делению) количество делящегося материала, по меньшей мере равное критической массе [1]. Из этого следует, что атомные бомбы малого калибра являются менее экономичными в отношении использования делящегося материала, чем бомбы крупного калибра.

Таким образом, вследствие указанных факторов первоначальное количество делящегося материала, необходимое для осуществления ядерного взрыва, должно заметно превышать критическую массу. Для повышения степени использования делящегося материала можно воспользоваться зависимостью критической массы от плотности. Этого можно достичь, если в начальный период реакции деления ядерный заряд подвергнуть интенсивному сжатию давлением примерно в один миллион атмосфер, в результате чего его плотность увеличивается примерно вдвое, а критическая масса соответственно уменьшается в четыре раза.

В иностранной литературе отмечается, что столь высокое давление создается путем взрыва сферической оболочки из обычного взрывчатого вещества, внутри которой размещается ядерный заряд (взрыва, направленного внутрь). При взрыве оболочки газы устремляются по направлению к центру сферы и обжимают ядерный заряд. Такой принцип получения критической массы в литературе получил название принципа имплозии. Атом-

[1] Ядерные взрывы. Перевод с английского. Издательство иностранной литературы, 1958.

ное оружие, основанное на этом принципе, в иностранной печати называется докритическим. В докритическом атомном оружии удалось значительно повысить процент использования делящегося материала. Отмечается, что именно таким путем удалось повысить количество материала, претерпевающего деление, до 20% и более вместо 2—5%, имевших место в первых атомных бомбах.

Следует отметить также, что успешное осуществление ядерного взрыва основано на чрезвычайно большой скорости нарастания цепной реакции на быстрых нейтронах. Если бы скорость реакции не была так велика, то чрезвычайно большие ускорения (порядка 10^{12} м/сек^2), которые сообщаются оболочке бомбы, привели бы к значительному ее расширению, в результате чего уменьшилась бы плотность делящегося материала внутри оболочки. Это в свою очередь привело бы к прекращению цепной реакции по причинам, которые уже были указаны выше.

При огромных давлениях, создающихся при ядерных взрывах, скорость разрушения оболочки, которая удерживает делящееся вещество в компактном виде, зависит только от ее массы (то есть от ее инерционных свойств); прочность же материала оболочки играет ничтожную роль. Величина критической массы для материала, применяемого в качестве заряда, зависит также от его способности делиться нейтронами различных энергий. Оказывается, что у урана 233 и плутония эта способность выше, чем у урана 235, поэтому критическая масса заряда из урана 233 и плутония меньше критической массы урана 235.

Приведем некоторые данные о величине критических масс.

В настоящее время в иностранной литературе опубликован ряд данных о величине критических масс делящихся веществ. Наиболее подробные данные имеются по зарядам, состоящим из урана 235. Например, согласно журналу «Nucleonics» [1] критическая масса сферического заряда (93,5% урана 235 и 6,5% урана 238) при плотности 18,8 г/см^3 равна 48 кг. Радиус сферы этого заряда равен около 8,5 см. За счет отражателя нейтронов критическая масса может быть уменьшена в несколько раз. Согласно табл. 1, приведенной там же, наиболее эффек-

[1] «Nucleonics», 1957, № 6, June.

тивными являются отражатели, выполненные из таких веществ, как бериллий, вольфрам, природный уран. В качестве менее эффективных отражателей могут применяться также графит, медь, железо, алюминий, цинк и др.

Однако и при использовании железного отражателя достаточно большой толщины (порядка 10 см) критическая масса может быть уменьшена, как это следует из табл. 1, почти в два раза.

Таблица 1

Критическая масса (в килограммах) сферического заряда из урана (93,5% урана 235 и 6,5% урана 238) при наличии отражателя

Материал отражателя	Плотность вещества отражателя, г/см³	Толщина отражателя	
		5 см	10 см
Бериллий	1,84	20,8	14,1
Природный уран	19,0	23,5	18,4
Вольфрам	17,4	24,1	19,4
Графит	1,69	29,5	24,2
Медь	8,88	25,4	20,7
Железо	7,87	29,3	25,3
Алюминий	2,7	35,5	32,0

Из статьи в журнале «Nucleonics» также следует, что толщину отражателя больше 10 см с точки зрения уменьшения критической массы делать нецелесообразно, так как дальнейшее увеличение толщины не приводит к существенному увеличению эффективности работы отражателя.

В статье журнала «Nucleonics» приводится график (рис. 6), который иллюстрирует влияние процентного содержания урана 235 на величину критической массы сферического заряда без отражателя и с толстым отражателем. Интересно отметить, что при концентрации урана 235 менее 6% самоподдерживающаяся реакция на быстрых нейтронах становится невозможной при сколько угодно большой массе заряда. Отсюда следует также, что самоподдерживающаяся реакция тем более невозможна в природном уране, в котором урана 235 содержится всего лишь около 0,7%. В то же время для реакций на медленных нейтронах (за счет введения в ядерное горючее специального замедлителя нейтронов) даже при сравнительно небольшом обогащении природного

урана критическая масса может составлять несколько килограммов. Однако реакция на медленных нейтронах, несмотря на то что они позволяют резко сократить расход урана 235, не может быть использована в ядерном оружии вследствие медленного ее протекания.

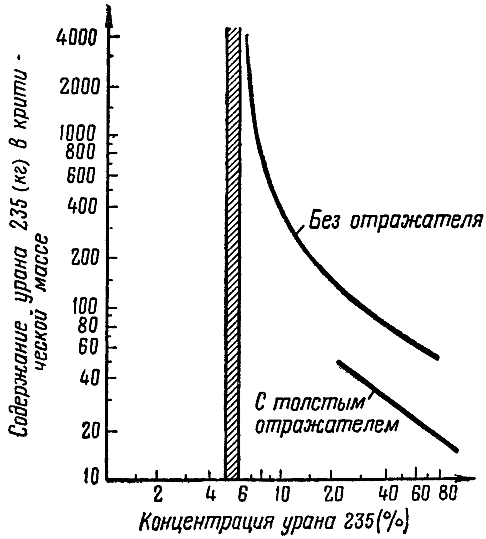


Рис. 6. Зависимость содержания урана 235 (в кг) в критической массе от его концентрации (в %)

С увеличением плотности делящегося вещества, как отмечается в иностранной печати, критическая масса заряда с толстым отражателем меняется обратно пропорционально плотности в степени 1, 2, то есть несколько медленнее, чем для заряда без отражателя.

О величине критических масс плутония и урана 233 имеется мало опубликованных в печати данных. Известно только, что их критические массы приблизительно равны и для заряда без отражателя составляют около 5—6 кг [1]. При введении отражателя критическая масса этих веществ уменьшается приблизительно в таком же отношении, как и для урана 235.

[1] Ф. Рэн. Атомная проблема. Перевод с французского. Издательство иностранной литературы, 1958.

Схема устройства атомного заряда. Атомный взрыв осуществляется путем перевода заряда из докритического состояния в критическое, точнее, в сверхкритическое. Один из вариантов схемы устройства атомного заряда можно представить себе следующим образом. До момента взрыва общий заряд в бомбе может быть разделен на две или более частей; величина каждой части меньше критической, что исключает преждевременный взрыв каждой из них в отдельности. Чтобы осуществить взрыв, нужно соединить все части заряда в одно целое. Сближение частей должно происходить очень быстро, чтобы за счет энергии, выделяемой в начале ядерной реакции, не успели бы разлететься еще не прореагировавшие части заряда. От этого зависит количество разделившихся ядер в результате цепной ядерной реакции, а следовательно, и мощность взрыва. При сближении масс ядерного заряда цепная реакция начинается не в момент их соприкосновения, а в момент, когда они еще разделены небольшим промежутком. При медленном сближении масс вследствие перегрева они могут разрушиться и разлететься в разные стороны; бомба разрушится, не взорвавшись. Поэтому необходимо сократить период сближения, сообщая большую скорость соединяющимся массам. Для соединения частей заряда в бомбе можно использовать действие взрыва обычного взрывчатого вещества. Чтобы увеличить степень использования делящегося вещества при атомном взрыве, его окружают отражателем нейтронов и помещают в оболочку из плотного материала.

Принципиальная схема устройства атомного заряда приведена на рис. 7. Здесь заряд из урана или плутония разделен на шесть частей. При взрыве обычного взрывчатого вещества (ВВ) все части устремляются к центру и образуют атомный заряд со сверхкритической массой, окруженный отражателем и массивной металлической оболочкой. Происходит атомный взрыв. Могут быть применены и другие методы образования критической массы. Например, меняя форму (линейные размеры) данного количества делящегося материала, имеющего докритическую массу, в некоторых случаях можно сделать его массу критической или сверхкритической. Это произойдет, например, в том случае, когда мы тонкую сферическую оболочку из урана или плутония сожмем в

шар. Осуществить это можно следующим образом. Вокруг тонкой урановой или плутониевой сферической оболочки размещается обычное взрывчатое вещество, которое в нужный момент подрывается. В результате действия газов урановая или плутониевая оболочка сжимается в шар, образуя сверхкритическую массу, в которой начинается цепная реакция, завершающаяся взрывом делящегося материала.

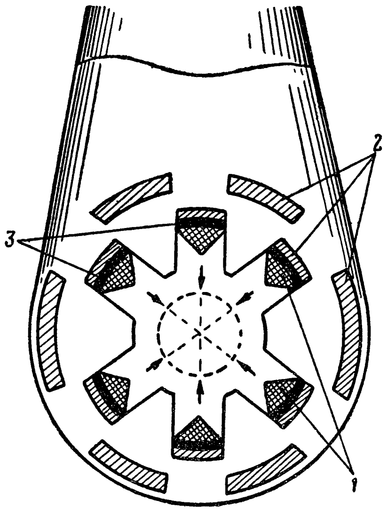


Рис. 7. Принципиальная схема устройства атомной бомбы:

1 — уран или плутоний; *2* — обычное взрывчатое вещество; *3* — отражатель нейтронов

Для обеспечения безотказности действия атомного заряда и ускорения развития цепной ядерной реакции, а следовательно, для повышения коэффициента использования ядерного горючего в бомбах обычно применяются искусственные источники нейтронов. Источники нейтронов включаются в момент соединения частей заряда (в момент образования сверхкритической массы) и интенсивно облучают их нейтронами.

Энергия взрыва атомных зарядов (основанных на делении ядер) может быть самой различной. По сообщению иностранной печати, их тротиловый эквивалент может колебаться в пределах от 1000[1] т до 500 тыс. т. Нижний предел, как отмечается, определяется коэффициентом использования делящегося вещества; у зарядов с тротиловым эквивалентом меньше 1000 т он слишком мал. Верхний предел определяется тем, что нельзя беспредельно увеличивать вес отдельных частей заряда, так как их масса должна быть заведомо меньше критической. Если идти по пути

[1] По более поздним сообщениям печати, тротиловый эквивалент атомного устройства может составлять якобы 50—200 т.

увеличения количества частей ядерного заряда, то возникнут большие трудности в получении одновременного соединения отдельных частей в единое целое.

4. Принципы устройства термоядерных зарядов

Ядерное оружие наиболее крупных калибров создается путем использования термоядерных реакций.

В основу этого оружия положено образование (синтез) ядер атомов гелия из ядер изотопов водорода и лития. В первых термоядерных бомбах в качестве ядерного заряда применялись только изотопы водорода. Поэтому такие бомбы были названы водородными, и это название сохранилось за ними до последнего времени. В настоящее время известно несколько возможных реакций синтеза.

При выборе той или иной из них обычно учитывают температуру, при которой протекает реакция, продолжительность реакции и ее энергетический выход, агрегатное состояние заряда перед реакцией (жидкое, твердое) и другие факторы.

В термоядерных зарядах, по-видимому, наиболее целесообразно для синтеза ядра гелия воспользоваться ядром тяжелого водорода (дейтерия) и ядром сверхтяжелого водорода (трития). Реакция в смеси дейтерия с тритием при одних и тех же температурах и плотностях смеси идет наиболее быстро. При этом выделяется примерно в пять раз больше энергии, чем при реакции в одном дейтерии. Кроме того, в смеси дейтерия и трития выделяются свободные нейтроны высокой энергии, которые можно использовать для увеличения силы взрыва термоядерного заряда, о чем будет сказано ниже. Для реакции синтеза можно было бы применить также атомы легкого водорода, состоящие только из одного протона. Однако скорость взаимодействия ядер легкого водорода при самых высоких температурах настолько мала, что реакция не имеет взрывного характера.

Рассмотрим основные условия, необходимые для образования ядер гелия из ядер дейтерия и трития. Если ядра дейтерия и трития сблизить до расстояний, равных размерам самих атомных ядер, то они попадут в сферу действия мощных ядерных сил, которые и соединят ука-

занные частицы в устойчивую систему, представляющую собой ядро атома гелия.

Ядерная энергия, высвобождающаяся при этом, выделяется в виде кинетической энергии образующихся ядер гелия и нейтронов.

Для сближения указанных ядер нужно затратить большую энергию, чтобы последовательно преодолеть электростатические силы взаимного отталкивания электронных оболочек, а затем еще более мощные электростатические силы взаимного отталкивания самих ядер. Однако как только ядра атомов тесно сблизятся друг с другом, ядерные силы совершают значительную работу. Выделившаяся при этом энергия гораздо больше той, которую нужно затратить на преодоление электростатических сил отталкивания. В связи с этим начавшаяся в веществе реакция соединения ядер дейтерия и трития в дальнейшем может быть поддержана и даже ускорена за счет избыточной энергии, освобождающейся при синтезе предыдущих ядер. При больших скоростях ядерных превращений такая реакция, так же как и при делении тяжелых ядер, приобретает характер взрыва.

Но откуда взять энергию, необходимую для преодоления электростатических сил?

Она получается путем предварительного очень сильного нагревания изотопов водорода до десятка миллионов градусов. При таком нагревании их атомы теряют свои электронные оболочки при первых же столкновениях с другими атомами. В результате вещество оказывается состоящим из «оголенных» ядер и движущихся независимо от них электронов. Вещество в таком состоянии называют **плазмой.** Скорость теплового движения частиц достигает таких величин, что ядра водорода могут сближаться и соединяться друг с другом. Ядерные реакции, протекающие в результате сильного нагревания вещества, называются **термоядерными.** Они протекают при сверхвысоких температурах и давлениях.

Термоядерная реакция очень чувствительна к температуре. Например, реакция слияния трития и дейтерия по сравнению со всеми другими термоядерными реакциями приобретает большую скорость уже при температуре 1 млн. градусов. Однако если повысить темпера-

туру от 1 до 2 млн. градусов, то скорость реакции возрастает в несколько тысяч раз.

При температуре 2 млн. градусов скорость выделения энергии достигает величины порядка 10^{10} кал/сек на 1 г смеси. Ядра водорода имеют наименьший заряд. У других элементов ядра имеют больший заряд. А чем больше заряд, тем большая энергия нужна для преодоления электростатических сил отталкивания.

Следовательно, для образования ядер из других легких элементов необходимо иметь еще более высокую температуру и давление. Отсюда становится понятным, почему именно водород является наиболее удобным веществом для термоядерной реакции.

Как уже было сказано, для протекания термоядерной реакции необходимо изотопы водорода нагреть до температуры в несколько миллионов градусов. Такая высокая температура возникает при взрыве уранового или плутониевого заряда. Поэтому обычный атомный заряд (атомный детонатор) является составной частью термоядерных зарядов и служит источником сверхвысокой температуры.

Принципиальная схема водородной бомбы общеизвестна. Дейтерий и тритий в жидком состоянии помещаются в резервуар с теплонепроницаемой оболочкой, которая служит для длительного сохранения дейтерия и трития в сильно охлажденном жидком состоянии. Согласно данным иностранной печати, теплонепроницаемая оболочка может содержать три слоя, состоящих из твердого сплава, твердой углекислоты и жидкого азота. Вблизи резервуара с изотопами водорода помещается атомный заряд. При подрыве атомного заряда изотопы водорода нагреваются до высокой температуры, создаются условия для протекания термоядерной реакции и взрыва водородной бомбы. Водородная бомба с жидкими изотопами водорода оказалась непрактичной, так как у нее слишком большой вес. Например, американское термоядерное устройство подобного типа весило 62 т, и поэтому его не мог поднять обычный самолет.

Другим серьезным недостатком таких бомб является то, что производство трития, входящего в состав термоядерного заряда бомбы, — весьма сложный и дорогостоящий процесс. Кроме того, тритий радиоактивен и

имеет сравнительно небольшой период полураспада (около 12 лет).

С момента возникновения водородное оружие постоянно совершенствовалось. Одним из шагов. на этом пути была замена жидких изотопов водорода твердым соединением дейтерия с литием — дейтеридом лития. Это сразу же позволило уменьшить размеры водородной бомбы, так как дейтерид лития — легкое твердое вещество. Некоторая часть термоядерного заряда может состоять также из соединения сверхтяжелого водорода (трития) с литием.

Соединения изотопов водорода с литием называют гидридами лития. Гидрид лития при хранении не нуждается ни в каком охлаждении. Кроме того, хотя литий является самым легким из металлов, плотность гидрида лития (0,82 г/см^3) значительно превышает плотность тяжелых изотопов водорода (дейтерия и трития), находящихся в жидком состоянии (0,07 г/см^3).

Термоядерная реакция в гидриде лития имеет сложный характер. Как полагают, литий, введенный в состав заряда, под действием нейтронов, освобождаемых при взрыве атомного детонатора, частично превращается в тритий, который вступает в реакцию с дейтерием. Отмечается, что для начала термоядерной реакции смесь термоядерного заряда сама может содержать небольшое количество трития. После начала реакции синтеза нейтроны, необходимые для получения трития из лития, образуются при слиянии ядер дейтерия и трития в ядро гелия. Кроме того, высокая температура, возникающая при взрыве атомного детонатора, может обеспечить непосредственное протекание термоядерной реакции между дейтерием и литием, а также между тритием и литием.

Когда термоядерная реакция уже началась, она может быть поддержана и даже ускорена с помощью тепла, выделяющегося при самой реакции.

Как уже упоминалось, при образовании ядер гелия из ядер дейтерия и трития вылетают быстрые нейтроны. Поэтому из зоны термоядерной реакции выбрасывается огромное количество быстрых нейтронов с энергией около 14 мегаэлектрон-вольт. Возникает вопрос, нельзя ли эти нейтроны использовать для усиления силы взрыва. Оказывается, это можно сделать, если водород-

ную бомбу заключить в оболочку из сравнительно дешевого природного урана 238.

Возможная схема такого заряда показана на рис. 8. Заряд основан на схеме деление — синтез — деление (то есть на трех фазах). Такого рода бомба в иностранной литературе получила название **трехфазной**, именуемой иногда **водородно-урановой бомбой**. У этой трехфазной бомбы вначале взрывается атомный детонатор (реакция деления). Затем начинается термоядерная реакция в гидриде лития с выделением большого количества быстрых нейтронов (реакция синтеза). Эти нейтроны вызывают расщепление ядер природного урана, из которого изготовлена оболочка (реакция деления).

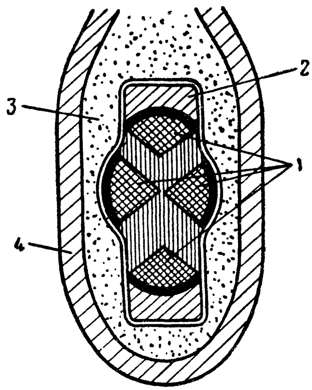


Рис. 8. Принципиальная схема термоядерного заряда, основанного на принципе: деление — синтез — деление:

1 — заряд из урана или плутония; *2* — обычное ВВ; *3* — гидрид лития; *4* — оболочка из урана 238

Указанная схема выгодно отличается от всех предыдущих тем, что мощность бомбы может быть во много раз увеличена по сравнению с бомбой, у которой отсутствует урановая оболочка. В данном случае до 90% энергии при взрыве может быть получено в результате расщепления урана 238. Преимуществом такой схемы считается также и то, что увеличение мощности взрыва происходит за счет относительно дешевого (по сравнению, например, с дейтерием и тритием) вещества, каким является природный уран, состоящий в основном из урана 238 и применяемый в качестве оболочки.

В атомной бомбе такую оболочку сделать нельзя, так как ядра атомов урана 238 подвергаются очень хорошо делению лишь под действием нейтронов весьма высоких энергий (свыше пяти мегаэлектрон-вольт). При взрыве же атомной бомбы большинство нейтронов имеет энергию, недостаточную для деления ядер урана 238. Приведенная выше схема заряда может изменяться в весьма широких пределах. Чем крупнее калибр, тем

относительно больше заряд термоядерного взрывчатого вещества и тем массивнее оболочка, и наоборот. Применение урана 238 в качестве оболочки позволяет изменять мощность оружия от нескольких десятков тысяч тонн до нескольких миллионов тонн.

При диаметре бомбы 1 м и толщине ее урановой оболочки около 5 см вес урана составляет приблизительно 3 т. Если при взрыве такой бомбы прореагирует только 15%, то есть около 500 кг, урана 238, то тротиловый эквивалент этой бомбы составит около 10 млн. т.

Для получения энергии, эквивалентной взрыву 20 млн. т тротила, необходимо расщепить 1000 кг урана 238. В иностранной литературе указывается, что для создания необходимого количества нейтронов, обладающих большой энергией, потребуется 20 кг смеси дейтерида лития ($_3Li_1^6H^2$), при взрыве которой освобождается энергия, эквивалентная взрыву 2 млн. т тротила. Как видим, основным источником энергии взрыва бомбы, основанной на реакции деление — синтез — деление, является уран 238. Отмечается, что применение урановой оболочки позволило создать термоядерные бомбы с тротиловым эквивалентом 20—40 млн. т. Изменяя толщину урановой оболочки бомбы, можно создавать термоядерные заряды различной мощности.

При испытании подобного типа термоядерных бомб большое количество радиоактивных веществ заражает атмосферу и может выпадать на землю далеко от района взрыва. Это крайне опасно для настоящего и будущего человечества. С целью увеличения радиоактивного заражения местности при термоядерном взрыве иностранные специалисты предлагают в отдельных случаях оболочку термоядерной бомбы делать из веществ, которые под воздействием нейтронов превращаются в радиоактивные. Эти вещества способны на длительное время заразить воздух и всю местность в районе взрыва и по пути движения радиоактивных продуктов.

К химическим элементам, обладающим такими свойствами, в частности, относятся кобальт, цинк, стронций, цезий и др. Следовательно, «кобальтовая», «цинковая» и другие подобные бомбы не являются оружием с новым видом ядерного горючего, а представляют собой термоядерную бомбу, в которой радиоактивное действие уси-

лено включением перечисленных выше элементов в состав ее оболочки.

О «чистой» водородной бомбе. В последние годы мировая общественность решительно подняла голос против испытаний ядерного оружия. Она особенно обеспокоена судьбой будущих поколений в связи с «загрязнением» атмосферы радиоактивными веществами в результате ядерных испытаний.

Чтобы отвлечь внимание мировой общественности от вопросов, связанных с запрещением ядерного оружия и прекращением его испытаний, американские империалистические круги выдвинули идею создания так называемой «чистой» водородной бомбы. Американская газета «Вашингтон пост энд таймс геральд» поясняла: «Чистая» бомба — это такая бомба, которая, несмотря на то что ее разрушительная сила не уменьшается, может быть взорвана при некоторых условиях таким образом, что она не будет распространять стронций 90, который при обычном водородном взрыве отравлял бы земную «атмосферу».

Некоторые авторы, комментировавшие заявление американской прессы, останавливались на вопросе: насколько реальна идея создания «чистой» водородной бомбы в полном смысле этого слова? Ответ был один: «чистых» бомб принципиально быть не может, поскольку не может быть ядерного взрыва без появления нейтронов, а захват нейтронов воздухом и землей (водой) создает радиоактивную «грязь». Уменьшить же радиоактивность взрыва до некоторой степени можно.

Для того чтобы уменьшить количество «осколков» деления урана или плутония, являющихся основным источником заражения атмосферы и земли при водородном взрыве, нужно, указывалось в зарубежной печати, изменить конструкцию существующих водородных бомб, а именно — отказаться от применения урановой оболочки и атомного детонатора бомбы.

При этом неизбежно возникает вопрос: как создать высокую температуру, необходимую для протекания термоядерной реакции с водородом или гидридом лития? На это ответить пока трудно. В иностранной печати высказывалось предположение о возможности найти новый метод детонации водородных бомб, основанный на

использовании ударных волн от взрыва обычного взрывчатого вещества.

Указывается, что при этом может быть использован либо принцип кумуляции, либо другие свойства ударных волн. Скорости порядка 10^7 см/сек отмечались для очень небольшой части фронта кумулятивной струи заряда с бериллиевой облицовкой, подорванного в вакууме. Эта огромная кинетическая энергия соответствует начальной скорости распространения ударной волны при температуре взрыва около 1 млн. градусов. Однако средняя скорость кумулятивной струи примерно в десять раз меньше. Поэтому на пути практического осуществления метода использования ударных волн для осуществления термоядерной реакции встречаются большие трудности. Их разрешение потребует определенного времени.

5. Способы боевого применения ядерного оружия

Разнообразие устройства и калибров ядерных зарядов позволяет использовать их в войне различными способами.

Прежде всего необходимо отметить, что ядерное оружие может быть применено для двух различных целей. Во-первых, оно может быть использовано для непосредственного воздействия на войска и технику противника на поле боя. Во-вторых, ядерное оружие может быть применено для нанесения мощных ударов по важнейшим промышленным, транспортным и политическим центрам противника.

В соответствии с решаемыми задачами иностранные специалисты подразделяют ядерное оружие на тактическое и стратегическое.

Тактическое ядерное оружие может быть различных калибров и, по данным зарубежной печати, имеет тротиловые эквиваленты примерно от 1000 до 50 тыс. т. Заряды наименьших калибров могут быть применены по переднему краю противника, в зенитной артиллерии для поражения самолетов противника, а также в воздушном бою. Возможно широкое применение ядерных зарядов в морских боеприпасах: в морских торпедах, минах, глубинных бомбах. Они могут применяться также для создания заграждений на суше и для ведения различных взрывных работ в грунтах и горных породах.

Очень важным является вопрос о способах доставки

ядерных зарядов к боевым целям. В тактическом оружии носителями ядерных зарядов могут быть неуправляемые и управляемые реактивные снаряды (ракеты) с разными дальностями стрельбы, самолеты, а также ствольная артиллерия более крупных калибров.

Наиболее распространенным видом зенитного ядерного оружия следует считать управляемые зенитные ракеты с ядерной боевой частью, вроде снаряда, применяемого в США под названием «Найк-Зевс», с тротиловым эквивалентом около 5000 т. На море ядерные заряды могут переноситься морскими торпедами или даже телеуправляемыми катерами. Здесь большое значение имеет стрельба мощными ядерными боеприпасами по береговым целям с подводных лодок как в надводном, так и в подводном положении.

Между тактическим и стратегическим оружием нет резкой границы. По мнению иностранных специалистов, для решения стратегических задач могут быть в некоторых условиях применены ядерные заряды, предназначенные для решения тактических задач. Ядерные боевые части, назначаемые для поражения типовых стратегических целей, будут иметь тротиловый эквивалент 1—5 млн. т. Наконец, возможно применение и еще более мощных ядерных зарядов, с тротиловым эквивалентом до 40—50 млн. т.

Носителями ядерного стратегического оружия, как правило, будут ракеты дальнего действия, межконтинентальные ракеты, самолеты-снаряды. Возможно использование самолетов, пилотируемых людьми. По мнению иностранных специалистов, наиболее эффективным носителем ядерного оружия при дальности стрельбы более 6000 км является многоступенчатая межконтинентальная ракета, для дальностей порядка 1000 км одноступенчатая.

Возможно в будущем также применение высотных аэростатов, переносимых струйным течением атмосферного воздуха на высоте 30—40 км. В последнее время в иностранной печати появились сообщения о предложениях использовать для метания мощных ядерных бомб искусственные спутники Земли.

В иностранной печати указывается, что, как правило, все носители стратегического оружия могут обеспечить доставку ядерных зарядов в заданный район со сравни-

тельно большой точностью. Рассеивание точек попадания происходит в пределах круга с радиусом примерно от 1 до 20 км.

При таких условиях применение ядерных зарядов с тротиловыми эквивалентами, равными нескольким миллионам тонн тротила, может привести к тому, что площадь рассеивания будет перекрыта зоной поражения при взрыве. Вследствие этого оказывается возможным обеспечить надежное поражение важных целей, даже если они имеют малые размеры: заводов, стратегически важных мостов, шлюзов и плотин, энергетических центров и т. д. Таким образом, современное ядерное стратегическое оружие оказывается мощным и надежным средством воздействия на противника и существенно превосходит во всех отношениях стратегическую авиацию времен второй мировой войны.

6. Явления, наблюдаемые при ядерном взрыве

В зависимости от характера объекта и задач атомного нападения ядерный взрыв может быть произведен в воздухе, у поверхности земли (воды) или под землей (под водой). Соответственно этому различают воздушный, наземный (надводный) и подземный (подводный) взрывы.

Обычно воздушный ядерный взрыв применяется для разрушения городских и промышленных зданий, для поражения людей и техники на поле боя, для поражения самолетов на аэродромах; в этих случаях он производится на высоте нескольких сотен и тысяч метров над землей в зависимости от величины тротилового эквивалента заряда. Воздушный ядерный взрыв может быть применен для поражения летящих самолетов и самолетов-снарядов. В этом случае взрыв может производиться на больших высотах над поверхностью земли и будет называться высотным ядерным взрывом. Наземный (надводный) взрыв применяется для разрушения прочных наземных сооружений, железнодорожных узлов, убежищ тяжелого типа, аэродромов, для поражения надводных кораблей. Он может быть произведен на высоте нескольких десятков метров над землей (водой) или непосредственно у поверхности земли (воды).

Подземный атомный взрыв может применяться для разрушения особо прочных подземных сооружений,

аэродромов, подземных заводов и складов. В некоторых случаях наземный или подземный взрыв может быть применен также для заражения местности в тылу противника.

Подводный ядерный взрыв применяется для поражения подводных лодок, надводных кораблей и разрушения гидротехнических сооружений (плотин, дамб).

Как известно, в настоящее время проблема перехвата баллистических ракет не решена. Однако в будущем возможно создание специальных снарядов-антиракет для уничтожения баллистических ракет на очень больших высотах и в космическом пространстве. Вполне вероятно, что в качестве боевой части этих ракет будут использоваться атомные заряды. Подобного рода атомные взрывы можно назвать космическими.

Явления, наблюдаемые при ядерном взрыве, в значительной мере зависят от вида взрыва. В настоящее время наиболее изучен **воздушный ядерный взрыв.** Поэтому явления, наблюдаемые у этого вида взрыва, рассмотрим более подробно. В зоне цепной ядерной реакции имеет место исключительно высокая концентрация тепловой энергии. Температура здесь быстро повышается до нескольких десятков миллионов градусов, а давление достигает миллиардов атмосфер.

Благодаря этому к моменту окончания ядерной реакции оболочка бомбы и все другие ее детали испаряются. Пары оболочки и продукты деления заряда ядерной бомбы, нагретые до миллиона градусов, излучают мягкие рентгеновские лучи, которые поглощаются слоем окружающего воздуха и нагревают его до нескольких сот тысяч градусов. В месте взрыва появляется ярко светящаяся сферическая область, испускающая в окружающее пространство сильное **световое излучение.**

Вся местность в районе взрыва озаряется светом ослепительно яркой вспышки (рис. 9), сияние от которой наблюдается на расстоянии десятков километров и более.

Большая часть нейтронов, не участвующих в ядерной реакции, а также гамма-лучей, испускаемых при делении ядер, поглощается веществом оболочки бомбы. Лишь относительно небольшая доля их проникает в окружающее пространство и распространяется от места взрыва. Поток гамма-лучей и нейтронов, распространяю-

щийся от места ядерного взрыва, называют **проникающей радиацией.**

У поверхности светящейся области наблюдается очень резкий перепад температуры и давления. Вследствие резкого перепада давления раскаленные продукты взрыва начинают стремительно расширяться, оттесняя окружающий место взрыва слой воздуха и сжимая его.

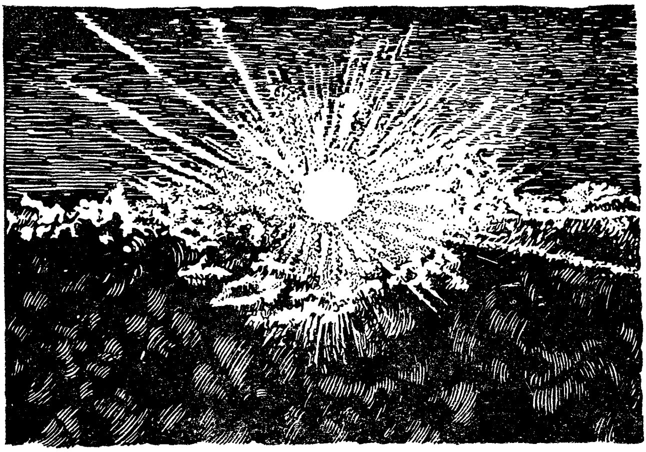


Рис. 9. Вспышка при воздушном атомном взрыве

Сжатие передается от одного слоя воздуха к другому и в виде **ударной волны** распространяется на значительные расстояния от места взрыва ядерной бомбы.

На близких расстояниях от места взрыва фронт (передняя граница) ударной волны является одновременно и поверхностью светящейся области, испускающей в окружающее пространство мощное световое излучение. Раскаленные продукты взрыва, находящиеся в центральной части светящейся области, являются источником интенсивного гамма-излучения, испускаемого в процессе распада радиоактивных продуктов деления.

Примерно через две сотые доли секунды после взрыва ядерной бомбы среднего калибра фронт ударной волны удаляется от центра взрыва на расстояние до 100 м.

По мере удаления ударной волны от центра взрыва температура воздуха на ее фронте уменьшается и нако-

нец становится такой, что свечение воздуха прекращается. После прекращения свечения воздуха на фронте ударной волны источником светового излучения становится поверхность раскаленных газов. Радиус светящейся области, состоящей из раскаленных газов, быстро увеличивается и спустя примерно секунду после взрыва достигает величины порядка 150 м. При дальнейшем, сравнительно медленном увеличении размеров светящейся области температура ее поверхности падает и мощность светового излучения уменьшается. Действие светового излучения прекращается примерно через 2—3 сек. после взрыва.

Плотность газов в светящейся области вследствие высокой температуры ниже плотности окружающего ее воздуха. Поэтому светящаяся область всплывает быстро вверх, подобно воздушному шару. Примерно через 10 сек. после взрыва светящаяся область полностью гаснет.

При подъеме продуктов взрыва образуется восходящий поток воздуха, который увлекает с собой пыль, поднятую с поверхности земли действием ударной волны.

В районе эпицентра взрыва[1] возникает столб пыли, быстро поднимающийся вверх.

Продукты взрыва в это время продолжают оставаться источником радиоактивных излучений.

По мере подъема они охлаждаются и превращаются в клубящееся дымовое радиоактивное облако, постепенно увеличивающееся в своих размерах. При дальнейшем охлаждении продуктов взрыва на поверхности дымового облака происходит конденсация водяных паров, содержащихся в воздухе. Продукты конденсата быстро окутывают облако, которое теперь выглядит как огромный клубок ваты. Столб пыли, поднимающийся с земли, продолжает быстро расти, достигает облака и образует характерную для ядерного взрыва грибообразную форму (рис. 10).

Примерно через 10—12 мин. грибообразное облако при взрыве бомбы среднего калибра поднимается на высоту 10—15 км. При этом размеры его в поперечнике увеличиваются до нескольких километров. Затем оно

[1] Эпицентром взрыва называется точка на поверхности земли, расположенная под центром воздушного взрыва.

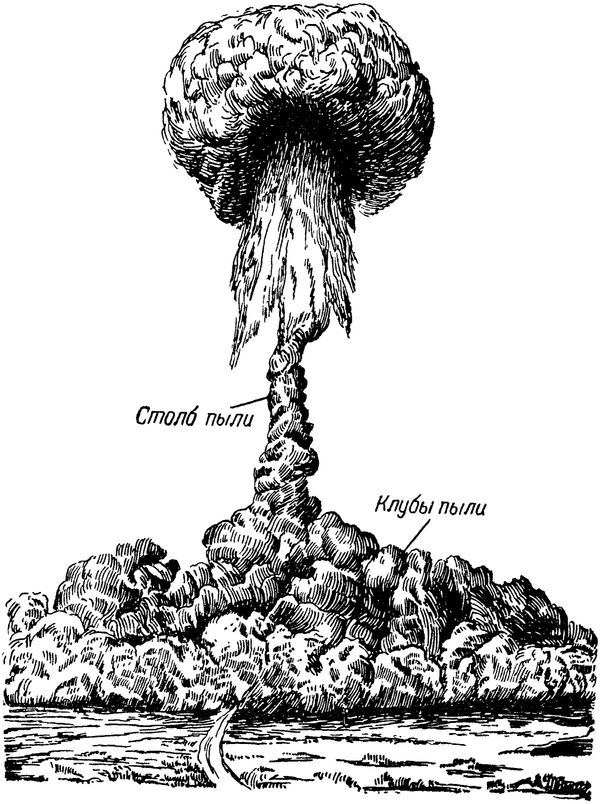


Рис. 10. Грибовидное облако атомного взрыва

постепенно утрачивает свою характерную форму и, двигаясь в направлении ветра, рассеивается. Часть продуктов взрыва оседает на поверхности земли в районе взрыва и по пути движения радиоактивного облака, вызывая **заражение местности радиоактивными веществами.**

Размеры облака ядерного взрыва, а также скорость и высота его подъема тем больше, чем мощнее взрыв. Если воздушный взрыв произошел на большой высоте, то столб пыли может не соединиться с клубящимся облаком.

Ядерный взрыв сопровождается резким звуком, напоминающим сильный раскат грома. Этот звук слышен на расстоянии десятков и сотен километров. Ядерный взрыв сопровождается также излучением радиоволн, которые принимаются радиостанциями в виде радиоимпульсов.

Картина воздушного взрыва водородной бомбы характеризуется теми же признаками, что и картина взрыва атомной бомбы. Однако вследствие большей мощности водородных бомб все внешние явления, сопровождающие взрыв, выглядят значительно грандиознее.

При наземном ядерном взрыве светящаяся область приобретает форму полусферы (рис. 11). В месте соприкосновения светящейся области с поверхностью земли

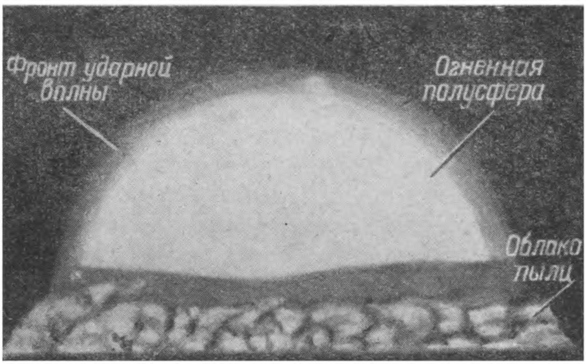


Рис. 11. Светящаяся полусфера при наземном взрыве атомной бомбы

верхний слой земли оплавляется, превращаясь при остывании в шлак.

Интенсивность светового излучения при наземном взрыве меньше, чем при воздушном, так как светящаяся полусфера частично экранируется пылью, поднятой ударной волной. При наземном взрыве облаком засасывается большое количество пыли. Пыль и двуокись азота придают облаку бурый оттенок. Количество пыли, находящейся в облаке, зависит от того, на какой высоте происходил взрыв ядерной бомбы. Если огненный шар

касается земли, то значительное количество грунта испаряется и уносится вместе с ним. Это можно проиллюстрировать следующими цифрами.

Энергия, требуемая для нагревания и испарения песка, который можно считать типичным представителем составных частей грунта, равна примерно 2700 кал/г. Следовательно, если 5% энергии ядерной бомбы (тротиловый эквивалент 20 тыс. т) расходуется на испарение почвы, то около 360 т песка будет находиться в газообразном состоянии в атомном облаке.

Некоторая часть радиоактивных продуктов взрыва при наземном взрыве смешивается с расплавленным грунтом, который превращается в радиоактивный шлак, а также оседает на поверхность земли. Это обусловливает более сильное заражение местности в районе взрыва по сравнению с воздушным взрывом.

В месте наземного взрыва возможно образование воронки.

При подземном ядерном взрыве сильно нагретые газообразные продукты взрыва в момент своего расширения создают огромное давление на грунт. Это приводит к образованию в грунте сильной ударной волны, которая, распространяясь по грунту, вызывает колебания в поверхностном слое земли, напоминающие землетрясение.

В месте взрыва образуется большая воронка, размеры которой зависят от мощности заряда, глубины взрыва и типа грунта. Выброшенный из воронки грунт (рис. 12), перемешиваясь с радиоактивными продуктами взрыва, оседает на землю, покрывая местность в районе взрыва слоем толщиной в несколько десятков сантиметров. Вследствие этого в районе воронки подземного взрыва радиоактивное заражение местности значительно больше по сравнению с воздушным и наземным взрывами, а площадь заражения меньше.

Проникающая радиация и в особенности световое излучение при подземном взрыве значительно слабее, чем при воздушном или наземном.

При подводном ядерном взрыве раскаленные продукты взрыва образуют в воде светящуюся область в виде газового пузыря. В месте взрыва на поверхности воды наблюдается ярко освещенное пятно. Тепловая энергия, излучаемая светящейся областью, расходуется

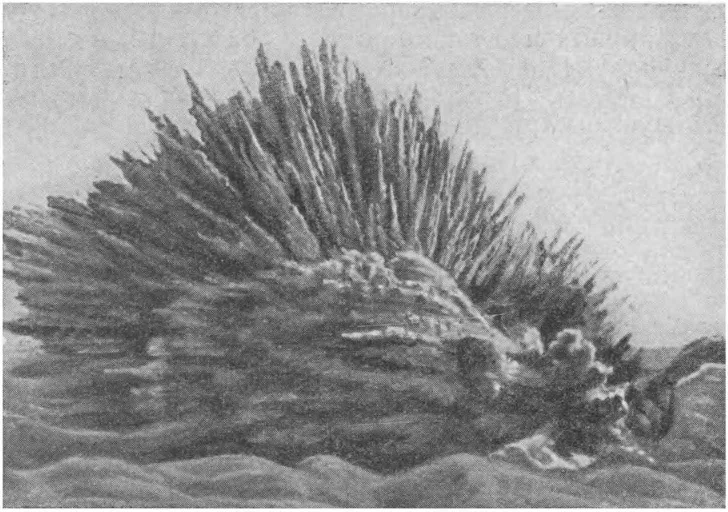


Рис. 12. Подземный взрыв

в основном на испарение и нагревание воды в зоне взрыва.

В результате резкого расширения продуктов взрыва и паров воды образуется мощная ударная волна в воде. При подводном взрыве атомной бомбы на небольшой глубине над поверхностью воды поднимается столб воды, достигающий высоты более километра. Над столбом воды образуется облако, состоящее главным образом из паров воды, которое увеличивается в размерах, достигая нескольких километров в диаметре (рис. 13). Через несколько секунд после подводного взрыва начинается падение воды из столба. У основания столба при этом образуется огромное облако, состоящее из мелких капель (брызг). По мере падения масс воды облако (его иногда называют базисной волной) распространяется в стороны и в течение нескольких минут поднимается на значительную высоту. Скорость распространения облака в первое время достигает нескольких десятков метров в секунду, а затем быстро падает. Далее движение облака в стороны прекращается. Из облака выпадает радиоактивный дождь.

Подводный взрыв сопровождается также образованием обычных волн на поверхности воды. На малом расстоянии от места взрыва высота этих волн может достигать 20—30 м. По мере удаления от места взрыва высота волн быстро уменьшается, и на расстоянии 10 км

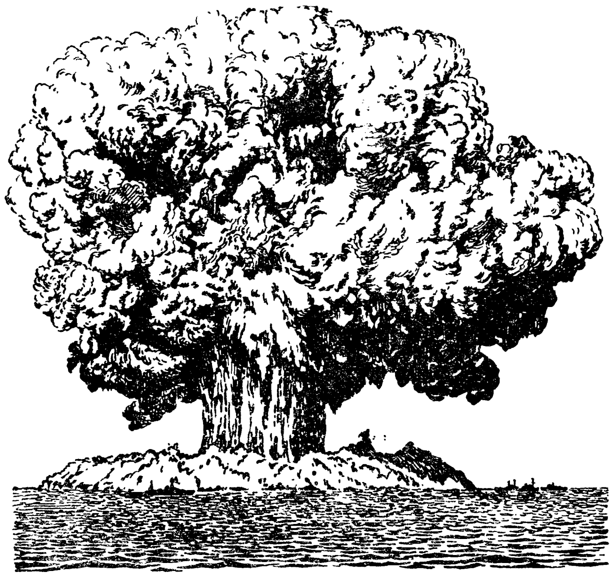


Рис. 13. Внешняя картина подводного атомного взрыва

она не превышает 2—4 м. Если подводный взрыв производится в неглубоком водоеме, то на дне его образуется большая воронка. В этом случае в воздух вместе с водой поднимается значительное количество грунта.

Рассматривая явления, происходящие при атомном взрыве, нетрудно заметить, что действие атомного оружия сопровождается образованием мощной ударной волны, испусканием интенсивного светового излучения, гамма-излучения и потока нейтронов, а также радиоактивным заражением местности. В связи с этим различают следующие **поражающие факторы атомного взрыва: ударную волну, световое излучение, проникающую радиацию и радиоактивное заражение местности.** Таким образом, в отличие от взрыва обычных взрывча-

тых веществ атомный взрыв характеризуется комбинированным поражающим действием.

Расскажем о высотном и космическом взрывах. Внешняя картина высотного ядерного взрыва напоминает воздушный взрыв. Отличие состоит в том, что с земли не поднимается столб пыли. При взрыве наблюдается огненный шар и клубящееся облако.

Поражение летящего самолета при высотном взрыве возможно из-за разрушения конструкции самолета или гибели его экипажа. Конструкция самолета может разрушиться под действием ударной волны и светового излучения, экипаж может погибнуть от действия проникающей радиации. Таким образом, ударная волна, световое излучение и проникающая радиация будут являться поражающими факторами высотного атомного взрыва.

Космический ядерный взрыв происходит на такой высоте, где плотность воздуха практически равна нулю. В этом случае энергия взрыва передается только тому веществу, из которого состоит ядерный заряд и связанные с ним устройства, например ракета-носитель. Все это вещество разогревается до очень высокой температуры, испаряется и превращается в сильно ионизированный газ, называемый плазмой.

При космическом взрыве в отличие от всех видов взрыва значительная часть энергии излучается в окружающее пространство в виде световых, ультрафиолетовых и мягких рентгеновских лучей. Последние два вида излучения при наземном, воздушном и высотном взрывах поглощаются воздухом, окружающим место взрыва.

Воздействуя на летящий объект, все эти виды излучения будут им поглощаться и разогревать его до высокой температуры. Поскольку космический взрыв происходит в безвоздушном пространстве, то при этом ударной волны не образуется. Поражающими факторами при космическом ядерном взрыве являются излучения в широком диапазоне длин волн с наибольшей интенсивностью в области коротких длин волн.

Представляют некоторый интерес и другие особенности космического ядерного взрыва.

Атомные ядра и оторванные от них при очень высокой температуре электроны разлетаются свободно в различные стороны потому, что вокруг заряда нет никакой преграды, которая могла бы препятствовать такому разлету

Таким образом, из центра ядерного взрыва разлетаются потоки частиц, несущих на себе электрические заряды: положительные — на атомных ядрах (положительные ионы) и отрицательные — на электронах (отрицательные ионы).

Эти частицы движутся в магнитном поле земного шара, если взрыв произошел на высоте, не превосходящей нескольких радиусов земли, то есть в пределах до 20—30 тыс. км и не ниже 150—200 км. Последнее условие определяется тем, что частицы летят свободно, не теряя своих электрических зарядов. Всякая заряженная электричеством частица движется в магнитном поле по спирали, вьющейся вокруг магнитных силовых линий. Размеры витков в рассматриваемом нами случае тем больше, чем быстрее летит частица и чем больше ее масса. Расчет показывает, что на высотах, не превышающих нескольких тысяч километров, размеры витков, описываемых частицами, которые выбрасываются ядерным взрывом, лежат в пределах от нескольких сотен метров до нескольких десятков километров. Эти размеры ничтожны по сравнению с размерами земного шара. Отсюда следует, что практически все частицы вещества, выброшенные при ядерном взрыве, несутся вдоль силовых линий магнитного поля Земли. Примерно половина всех частиц летит в сторону северного, а другая половина — в сторону южного полушария Земли. Частицы летят как бы внутри магнитной трубы диаметром не более 100 км.

Такие потоки частиц в конце концов доходят до более плотных слоев атмосферы и поглощаются на высоте около 150 км. Они производят сильную ионизацию атмосферы на площади во много тысяч квадратных километров и вызывают интенсивное искусственное полярное сияние, сопровождающееся сильными магнитными бурями, помехами в радиосвязи и радиолокации.

В марте — апреле 1959 г. иностранная печать усиленно писала о подобных явлениях в связи с опытами, проведенными вооруженными силами США в Тихом океане (район острова Джонстон) и в южной части Атлантического океана. Взрывы были произведены на высотах порядка 480 км, куда заряды были доставлены ракетами.

Эти опыты полностью подтвердили правильность описанной здесь картины ядерного взрыва в космическом пространстве.

ГЛАВА II

УДАРНАЯ ВОЛНА ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

1. Возникновение при взрыве воздушной ударной волны

Различные способы передачи действия взрыва на расстояние. Ударные волны, возникающие при ядерных взрывах, имеют очень много общего с ударными волнами при обычных взрывах. Поэтому основные свойства ударных волн и условия их возникновения удобно рассмотреть сначала при взрыве зарядов обычных взрывчатых веществ.

Прежде всего необходимо учесть, что при взрыве взрывчатые вещества практически мгновенно превращаются в газы. Газы первоначально имеют очень высокое давление и разогреты до высокой температуры. Поэтому взрывные газы и расширяются с очень большими скоростями (при соответствующих условиях до 5—8 км в секунду). Если поток быстро движущегося и довольно плотного газа встречает на своем пути какую-либо преграду, то он ударяет по ней с большой силой и может ее разрушить. Это одна форма действия взрыва на расстояние — с помощью расширяющихся взрывных газов.

Но если заряд взрывчатого вещества находится в достаточно прочной оболочке, например в стальном корпусе снаряда или авиабомбы, то первой преградой, встречаемой взрывными газами, будет металлическая стенка корпуса. Взрывные газы в этом случае при своем расширении могут производить на стенки корпуса снаряда или бомбы чрезвычайно высокое давление, измеряемое десятками и даже сотнями тысяч атмосфер. Такого

давления достаточно, чтобы полностью разрушить корпус снаряда или авиабомбы и превратить металл оболочки в сравнительно мелкие осколки. Эти осколки под воздействием продуктов взрыва (расширяющихся взрывных газов) разлетаются с весьма высокими скоростями (примерно 1—2 км в секунду). Множество разлетающихся осколков также переносят часть энергии взрыва. При этом осколки могут лететь гораздо дальше, чем распространяются расширяющиеся газы, и наносить сильное поражение людям, животным и технике. Летящие осколки пробивают тонкую броню; при пробивании емкостей с горючим осколки могут зажигать его и разбрызгивать в разные стороны. Очень быстрые осколки, попадая внутрь взрывчатого вещества, могут вызвать его детонацию. Таким образом, осколки также являются носителями разрушающего действия взрыва.

Наконец, расширяющиеся взрывные газы при своем движении оттесняют среду, окружающую заряд, вследствие чего образуется так называемая ударная волна.

Механизм образования воздушной ударной волны при взрыве обычного взрывчатого вещества можно себе представить следующим образом. В результате взрыва твердое (или жидкое) взрывчатое вещество в течение весьма краткого промежутка времени переходит в газообразное состояние. Газы, образующиеся при взрыве, обладают весьма высокой температурой и находятся под очень высоким давлением. Стремясь расшириться, они производят резкий удар по окружающим слоям воздуха, сжимая и нагревая их до высокой температуры. Будучи сильно сжаты и стремясь расшириться, сжатые слои воздуха оказывают резкое давление на следующие смежные слои воздуха, сильно их сжимая. Эти слои воздуха, стремясь расшириться, оказывают резкое давление на последующие слои воздуха, резко сжимая их, и т. д. Таким образом, в воздухе происходит со сверхзвуковой скоростью процесс распространения повышенного давления (температуры и плотности). Скачкообразное изменение давления (температуры и плотности), распространяющееся в воздухе со сверхзвуковой скоростью, и является воздушной ударной волной. Это третья форма переноса действия взрыва с помощью ударной волны. Ударные волны могут образовываться указанным выше способом не только в воздухе, но и в воде и в грунте. Однако при

взрыве в грунте имеются некоторые особенности передачи действия взрыва на расстояние в виде волны сжатия.

Итак, имеются три основных носителя действия взрыва, передающие его на то или иное расстояние, а именно: взрывные газы, осколки корпуса заряда, ударная волна.

Кроме этих основных носителей действия взрыва, могут быть и случайные, например местные предметы, камни, комья земли, обломки зданий и т. п., которые могут быть сорваны с места действия взрыва и получить при этом значительные скорости. Удар таких предметов, брошенных при взрыве, также может наносить поражение. С этим на практике надо считаться.

В тех случаях, когда происходит взрыв ядерных зарядов, энергия в окружающее пространство передается не только указанными выше носителями, но также в виде светового и ядерного излучений.

Ударная волна как основной носитель действия взрыва мощных зарядов в воздухе и воде. Значение перечисленных выше носителей действия взрыва неодинаково.

Осколки могут иметь значение при толстостенных корпусах зарядов, когда вес металла корпуса в несколько раз превышает вес заряда взрывчатого вещества. Это происходит у осколочных и осколочно-фугасных снарядов и авиабомб. Если же корпус тонкий, то осколочное действие становится незначительным и большая доля энергии взрыва переходит в ударную волну. В данном случае ударная волна становится основным носителем действия взрыва. При взрыве ядерных зарядов энергия, выделяемая при взрыве, настолько велика, что происходит полное испарение оболочки и всего механизма заряда и вместо осколков получаются раскаленные газы, которые расширяются лишь на сравнительно малые расстояния. Поэтому их действие на более заметных расстояниях исчезает, а основным носителем действия ядерного взрыва становится ударная волна.

Если рассмотреть такую среду, как воду, то она значительно интенсивнее, чем воздух, тормозит взрывные газы и осколки. Ввиду того что плотность воды гораздо больше плотности воздуха, масса воды, вовлекаемая в движение ударной волной, превосходит во много раз массу воздуха в воздушной ударной волне.

Аналогичное явление происходит и при подземном взрыве, когда образуется волна сжатия в грунте.

Таким образом, из рассмотрения способов передачи действия взрыва на расстояние видно, что наиболее существенным является способ передачи действия взрыва ударной волной, в основном воздушной. Это вытекает из того, что обычно поражаемые взрывом предметы и сооружения находятся в воздушной среде, а такие заряды, как обычные мощные фугасные бомбы, атомные и водородные бомбы, предназначены в первую очередь для взрыва их в воздухе.

Образование ударной волны при взрыве обычных взрывчатых веществ. Рассмотрим вначале, как возникает воздушная ударная волна при обычном взрыве.

Взрывчатые вещества (тротил и др.), применяемые в промышленности и в военной технике, представляют собою довольно сложные химические соединения.

При взрыве детонатора образуются газы, которые с большой силой ударяют по ближайшим слоям взрывчатого вещества, окружающего детонатор. В результате этого молекулы взрывчатого вещества приходят в очень быстрое движение, начинают сильно соударяться друг с другом и претерпевают изменения.

В результате физико-химических превращений из вещества заряда образуются взрывные газы; при этом выделяется большое количество энергии, носителями которой и являются быстро движущиеся молекулы взрывных газов, находящиеся вначале под очень большим давлением.

Передача через массу заряда химической реакции взрывчатого разложения называется детонацией. Скорость распространения детонации весьма велика и находится в пределах от 4 до 8 км/сек. Чем больше скорость детонации, тем мощнее взрывчатое вещество и тем выше давление газов, получаемых при взрыве.

Давление взрывных газов в момент их образования выражается такой формулой:

$$P = \gamma \frac{D^2}{40}.$$

Здесь P — давление в кг/м^2 в зоне реакции разложения ВВ;

γ — удельный вес взрывчатого вещества в кг/м^3;

D — скорость распространения детонации в м/сек.

На основе приведенной формулы можно определить, например, давление взрывных газов, полученных при взрыве наиболее распространенного взрывчатого вещества — тротила.

У тротила скорость распространения детонации равна 7200 м/сек, удельный вес равен примерно 1600 кг/м³. Следовательно,

$$P = \frac{1600 \cdot 7200^2}{40} = 2\,073\,600\,000 \text{ кг/м}^2,$$

или 207 360 кг/см², что округленно составляет 200 тыс. атмосфер.

Такое громадное давление не может выдержать ни одна преграда. В результате взрывные газы начинают расширяться во все стороны. Если взрыв произошел в воздухе, то взрывные газы начинают расширяться во всех направлениях с первоначальной скоростью, близкой к скорости детонации.

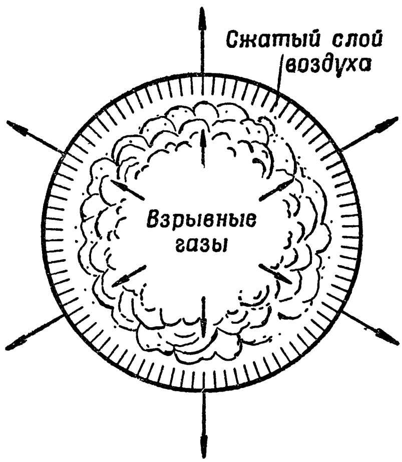


Рис. 14. Расширение взрывных газов и образование воздушной ударной волны

При таком расширении взрывные газы оттесняют окружающий воздух, причем слой воздуха, примыкающий к взрывным газам, сам начинает двигаться с такой же скоростью, как эти газы. Скорость этого движения во много раз превосходит скорость распространения звука в воздухе, которая равна приблизительно 340 м/сек. Воздух, оттесняемый взрывными газами, сильно сжимается и разогревается до высокой температуры. Внешняя граница сжатого воздуха быстро движется вперед со скоростью, превосходящей даже скорость движения самих взрывных газов, и все более и более удаляется от границы этих газов, как показано на рис. 14. А это значит,

что скорость перемещения внешней границы сжатого воздуха превосходит скорость расширения границы взрывных газов.

Внешняя граница сжатого воздуха обладает некоторыми весьма существенными особенностями. Прежде всего следует отметить, что эта граница оказывается очень резкой. Если сжатую зону воздуха осветить кратковременной вспышкой электрической искры, то, несмотря на большую скорость движения зоны сжатия, можно получить весьма четкий ее фотоснимок. Такие фотоснимки показывают, что сжатая зона воздуха напоминает толстостенный стеклянный шар. Перемещающаяся область сильного сжатия воздуха, распространяющаяся во все стороны от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью, называется воздушной ударной волной, а ее передняя граница, на которой происходит резкий скачок уплотнения воздуха, — фронтом ударной волны. Это сжатие быстро передается от одного слоя воздуха к другому.

Однако пока область сжатого воздуха подпирается расширяющимися взрывными газами, она еще не может считаться окончательно сформировавшейся.

По мере того как взрывные газы расширяются, скорость их собственного движения уменьшается. Энергия от этих газов переходит к движущемуся воздуху. В конце концов скорость взрывных газов приближается к нулю, а давление их вследствие сильного расширения падает ниже давления в окружающем атмосферном воздухе. Не подпираемая больше сзади взрывными газами, воздушная ударная волна отрывается от них и по инерции продолжает распространяться далее.

Однако в тыльной части сжатая масса воздуха начинает расширяться назад, в сторону разреженных взрывных газов. За областью сильно сжатого воздуха появляется зона разрежения, то есть область, где давление воздуха ниже давления в окружающей атмосфере.

В уплотненной области воздух движется вперед. В области разрежения, наоборот, наблюдается движение воздуха в обратную сторону, в направлении к центру взрыва. Это показано на рис. 15. Так как всякие газы при сжатии нагреваются, то и воздух в области сжатия имеет повышенную температуру. Наоборот, в области разрежения (для слабых ударных волн) температура воздуха ниже температуры в невозмущенной атмосфере.

Теория и опыт показывают, что для вполне сформировавшейся воздушной ударной волны, которая оторвалась от породивших ее взрывных газов, наибольшее давление, скорость и температура воздуха наблюдаются непосредственно за фронтом ударной волны, то есть за скачком уплотнения воздуха. Иногда говорят, что максимальное давление ударной волны есть давление на фронте этой волны.

Фронт ударной волны распространяется со скоростью, превышающей скорость звука в воздухе. При этом скорость фронта тем больше, чем больше давление на нем. Если на очень большом расстоянии от места взрыва давление на фронте приближается к давлению атмосферного невозмущенного воздуха, то скорость фронта приближается к скорости звука и вся ударная волна превращается в обычную звуковую волну.

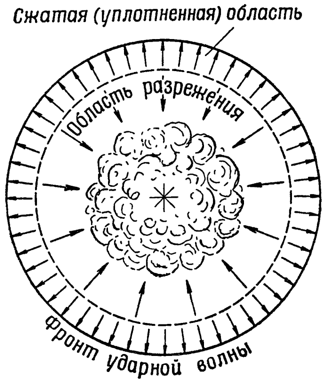


Рис. 15. Образование воздушной ударной волны и отрыв ее от продуктов взрыва

В отличие от фронта ударной волны граница, отделяющая область сжатия от области разрежения, движется со скоростью звука (строго говоря, со скоростью, несколько большей скорости звука). Скорость «хвоста» области сжатия равна скорости звука в среде, нагретой областью сжатия. В результате этого фронт волны уходит от границы, разделяющей области сжатия и разрежения, а ширина области сжатия все время увеличивается по мере движения волны. Ширина области сжатия нередко называется также глубиной ударной волны.

Образование воздушной ударной волны при ядерном взрыве. При ядерном взрыве выделяется огромное количество тепловой энергии, способной расплавить и превратить в газ, нагретый до чрезвычайно высокой температуры, сам ядерный заряд, окружающую его оболочку и все конструктивные элементы, находящиеся вблизи заряда. Очень сильно разогревается и примыкающий к заряду воздух.

В месте взрыва образуется огненный шар, который очень быстро увеличивается. Граница огненного шара движется, захватывая все новые и новые массы среды, например воздуха. Однако вне границы огненного шара среда некоторое время остается совершенно неподвижной, пока она еще не вовлечена внутрь шара.

Чем значительнее становятся размеры огненного шара, то есть чем больше вещества окружающей среды, например воздуха, вошло в него, тем ниже становится температура внутри шара, потому что его энергия, полученная от взрыва, распределяется во все более и более значительной массе. Часть энергии ускользает из шара наружу в результате светового и проникающего излучений. Другими словами, некоторое количество фотонов вырывается из шара наружу и распространяется на очень большое расстояние.

Вследствие этих причин шар охлаждается, сила молекулярных ударов ослабевает, электроны вновь улавливаются атомами и входят в их электронные оболочки, а атомы вновь соединяются в молекулы. Быстрых носителей энергии — фотонов и электронов — становится все меньше и меньше, и основным носителем оставшейся энергии взрыва оказываются молекулы окружающей среды, движущиеся сравнительно медленно (сотни и десятки километров в секунду, что в тысячи и даже десятки тысяч раз меньше скорости фотонов).

При таких условиях разогретое газовое облако ядерного взрыва приближается по своим свойствам к облаку обычных взрывных газов, получаемых при взрыве обыкновенных взрывчатых веществ.

Как указано было уже выше, это облако, расширяясь во все стороны, оттесняет окружающий воздух и сжимает его, увеличивая его давление.

Однако температура огненного шара остается еще равной нескольким тысячам градусов и он продолжает интенсивно светиться. Свет огненного шара проходит теперь уже сквозь область сильно сжатого и нагретого, но слабо светящегося воздуха. Этот воздух очень сильно поглощает свет. Поэтому при возникновении вокруг огненного шара сильно сжатой воздушной оболочки свечение шара в удаленные точки пространства несколько снижается.

Сжатая воздушная оболочка быстро расширяется, давление в ней очень сильно падает при расширении. Например, при увеличении радиуса этой оболочки в два раза давление падает в восемь раз. При этом прозрачность воздуха повышается и, если взрыв произошел в воздухе, свечение огненного шара вновь усиливается.

Образовавшаяся зона сжатия соответствует ударной волне, а ее передняя граница — фронту ударной волны.

По мере расширения огненного шара и образования ударной волны энергия шара, еще не ушедшая из него с излучением, передается этой волне. В конце концов расширение шара почти прекращается и ударная волна отрывается от него. Это значит, что ударная волна распространяется дальше только за счет инерции и упругости массы среды, вовлеченной в движение.

Из сказанного можно сделать следующий вывод. Расширение огненного шара и движение ударной волны в среде распадаются во времени на три различных этапа:

1) расширение огненного шара главным образом за счет передачи энергии фотонами и электронами, без образования вне шара ударной волны;

2) расширение огненного шара с образованием вокруг него сильно сжатого слоя среды, перемещаемого давлением расширяющегося шара;

3) движение ударной волны в среде независимо от расширения шара, которое постепенно затухает.

Эти три этапа показаны схематически на рис. 16.

Размеры светящейся области, возникающей при ядерном взрыве, сравнительно невелики. Например, при взрыве ядерного заряда среднего калибра диаметр светящейся области достигает не более 300 м. Между тем зона разрушений, производимых механическим действием такого взрыва, примерно в десять раз больше. Основное механическое разрушающее действие производит в таком случае воздушная ударная волна.

При взрыве в более плотной среде, например в воде, размеры огненного шара приблизительно в десять раз меньше, чем в воздухе, в то время как размеры зоны разрушений только немного меньше, чем в воздухе. Значение ударной волны при подводном взрыве меньше, чем значение воздушной ударной волны в воздухе.

На основании этих обстоятельств более подробное изучение особенностей ударных волн, получаемых при

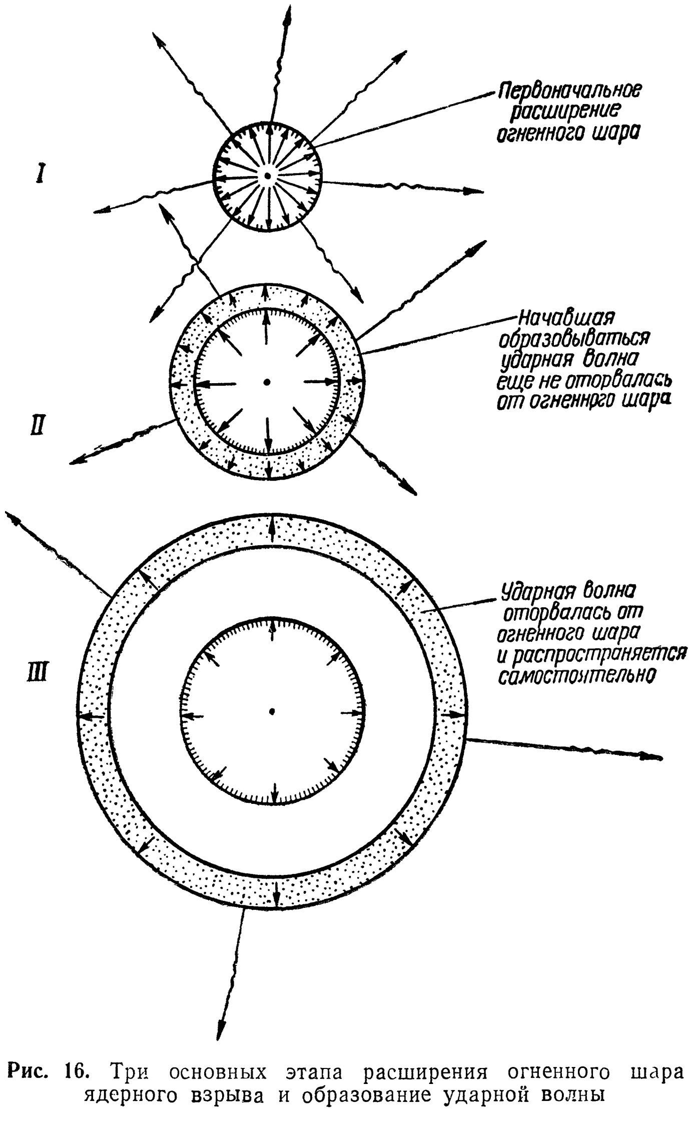


Рис. 16. Три основных этапа расширения огненного шара ядерного взрыва и образование ударной волны

ядерном взрыве, имеет первостепенное значение для правильного понимания разрушающего действия ядерного взрыва и способов защиты от него.

2. Основные свойства воздушной ударной волны

Чтобы ознакомиться более подробно со свойствами воздушной ударной волны, рассмотрим следующий случай взрыва. Пусть ядерный взрыв произошел вблизи поверхности земли и воздушная ударная волна распространяется вдоль поверхности земли, образуя как бы купол, опирающийся на землю. Это показано на рис. 17.

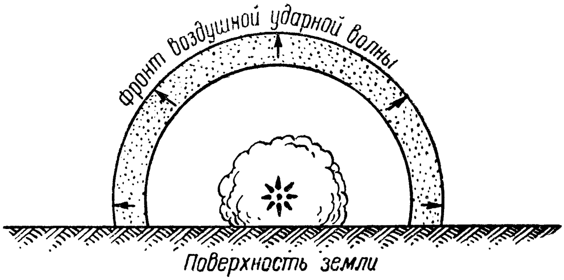


Рис. 17. Воздушная ударная волна при наземном взрыве

Выясним подробнее картину распределения давления воздуха в волне. Для измерения этого давления можно расположить специальные приборы вдоль поверхности земли. Схематическое устройство одного из таких приборов, называемых самописцами давления, показано на рис. 18. Прибор устанавливается заподлицо с поверхностью земли. Ударная волна скользит по поверхности прибора, давление воздуха действует на мембрану прибора и прогибает ее. Рычаг, соединенный с мембраной, поворачивается, и самопишущее перо на его конце записывает это перемещение на вращающемся барабане. Так как давление воздуха при движении ударной волны вдоль прибора меняется с течением времени, то на барабане автоматически записывается график, показывающий ход изменения давления. График имеет вид, показанный на рисунке 19. Здесь по горизонтальной оси отложено время, по вертикальной оси — давление.

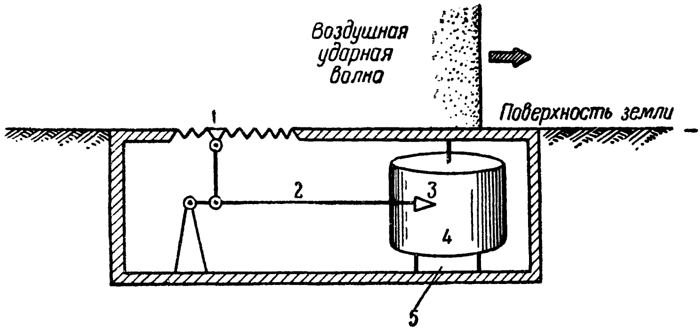


Рис. 18. Схематический разрез самописца давления:

1 — мембрана, воспринимающая давление воздуха в ударной волне; 2 — рычаг, поворачивающийся при прогибе мембраны под действием давления воздуха; 3 — самопишущее перо на конце рычага; 4 — барабан, на котором записывается давление воздуха; 5 — электромотор, вращающий барабан

Сначала, в левой части графика, мы видим горизонтальную линию, соответствующую нормальному атмосферному давлению. Далее виден резкий скачок давления, появившийся в момент набегания на мембрану фронта воздушной ударной волны. В этот момент давление воздуха растет скачкообразно от нормального (в атмосфере) до максимального давления, имеющегося в волне непосредственно за ее фронтом. Разность между максимальным давлением и давлением атмосферы называется избыточным давлением на фронте (во фронте) волны

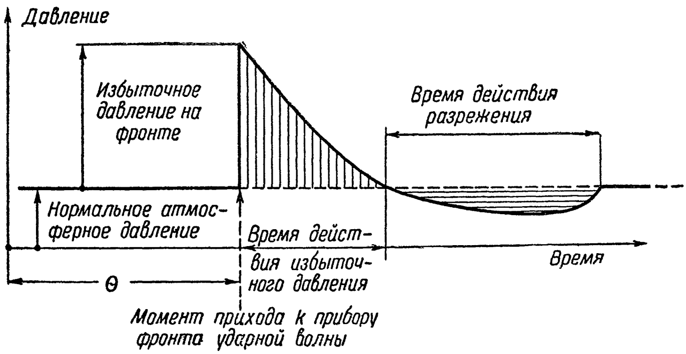


Рис. 19. Изменение давления в воздушной ударной волне, записанное самописцем в зависимости от времени

После прохождения фронта волны давление воздуха начинает постепенно падать, доходит до нормального атмосферного давления и потом опускается еще ниже. Это значит, что вслед за слоем сжатого воздуха в ударной волне следует слой разреженного воздуха. Этот последний имеет значительную толщину, а пониженное давление длится довольно долго. Потом давление поднимается до нормального атмосферного. Значит, ударная волна прошла дальше.

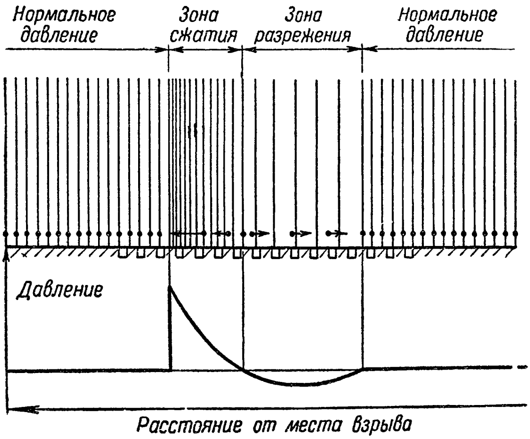


Рис. 20. Распределение давления по глубине воздушной ударной волны

Мы рассмотрели изменение давления воздуха в определенном месте при прохождении ударной волны. Теперь посмотрим, как распределено давление в волне в определенный момент времени. С этой целью установим, что показывал бы одновременно ряд приборов, расположенных вдоль направления движения волны.

На рис. 20 показано такое мгновенное распределение давления. Густота вертикальной штриховки условно изображает на этом рисунке распределение плотности в воздухе, захваченном в данный момент ударной волной. Очевидно, что чем выше давление, тем больше плотность воздуха.

Увеличение плотности в зоне сжатия происходит вследствие перемещения в нее некоторой части воздуха

от зоны разрежения, где вследствие этого плотность воздуха соответственно уменьшается.

Перемещение воздуха за фронтом воздушной ударной волны происходит с определенной скоростью. Движение направлено в ту же сторону, куда идет волна. Однако скорость фронта, как уже указывалось, значительно больше, чем скорость воздуха непосредственно за фронтом.

По мере удаления фронта волны скорость воздуха в рассматриваемой точке уменьшается, потом становится равной нулю и, наконец, движение воздуха меняет свое направление. Воздух начинает двигаться в сторону, противоположную направлению распространения волны. На рис. 20 показаны стрелки, величина и направление которых соответствуют описанному движению воздуха.

Таким образом, при прохождении воздушной ударной волны происходит следующее. В момент прихода в данное место фронта воздушной ударной волны давление практически мгновенно поднимается до своего максимального значения. Одновременно возрастает и плотность воздуха. Так как при быстром сжатии газы всегда нагреваются, то температура воздуха также растет. Этот уплотненный и нагретый воздух движется в сторону распространения волны. Возникает как бы кратковременный порыв очень сильного и горячего ветра, длящийся приблизительно одну секунду. Потом давление становится меньше атмосферного, направление ветра изменяется на противоположное, воздух разрежается и охлаждается ниже нормального (атмосферного). В сырую погоду охлаждение воздуха может привести к мгновенному появлению тумана в зоне разрежения. Если смотреть на взрыв издали в такую погоду, то можно видеть быстрорасширяющуюся туманную сферу — это зона разрежения, следующая за невидимой зоной сжатия.

Если ударная волна достаточной силы проникает в насыщенные влагой более или менее высокие слои атмосферы, то там можно наблюдать образование быстро расширяющегося облачного кольца.

Зону сжатия тоже можно видеть при подходящих условиях. Если, например, с холма наблюдать луг или поле, вдоль которых распространяется воздушная волна, то видно, как она нагибает и прижимает к земле траву

и другие растения. В сухую погоду видно также, как ударная волна поднимает облака пыли. При изучении ядерных взрывов за границей нередко применяли реактивные снаряды, образующие дымовую трассу. Эти снаряды выпускались непосредственно перед ядерным

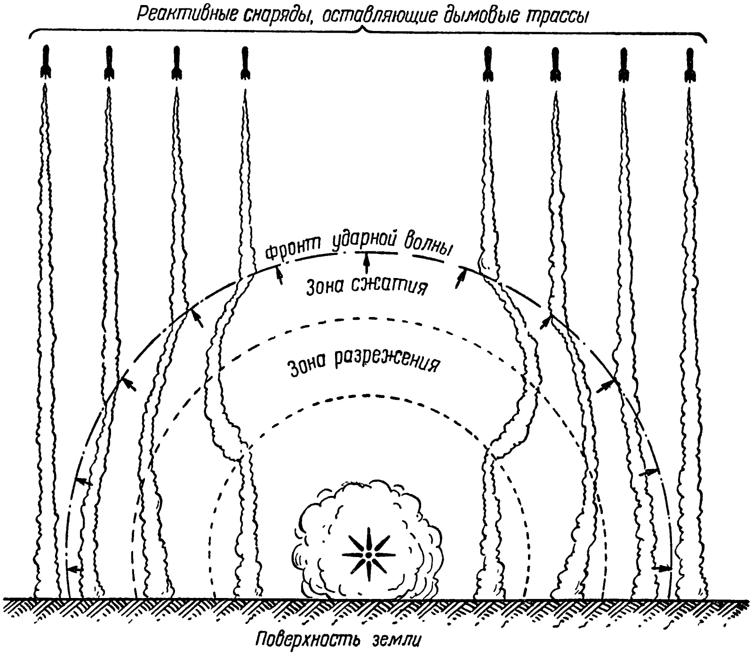


Рис. 21. Схематическое изображение искажения дымовых трасс (оставленных специальными реактивными снарядами) при распространении воздушной ударной волны

взрывом, и оставленные ими дымовые трассы позволяли очень хорошо видеть, как перемещается и сжимается воздух, вовлекаемый в движение ударной волной. Схематическое изображение такой картины дано на рис. 21.

Обычно время действия избыточного давления воздушной ударной волны столь значительно, что основные разрушения, которые она может произвести, происходят существенно раньше прихода зоны разрежения; на практике для оценки разрушающего действия достаточно знать величину избыточного давления, от которой зави-

сит величина скорости движения воздуха в зоне сжатия и тот напор, который этот воздух производит на встречаемые им предметы. Поэтому избыточное давление на фронте является важнейшей количественной характеристикой воздушной ударной волны и требует особенно внимательного исследования и изучения.

3. Определение параметров воздушной ударной волны

Тротиловый эквивалент. Различные действия всякого взрыва, в том числе и ядерного, в основном зависят от энергии, выделяемой при взрыве. Поэтому для расчетов величин, определяющих действие этого взрыва, необходимо знать его энергию. Как известно, энергию выражают обычно в килограммометрах, киловатт-часах и других единицах. Однако в случае ядерного взрыва принят другой способ измерения энергии. Чтобы наглядно оценить действие ядерного взрыва, удобно сравнить его со взрывом обычного взрывчатого вещества. Поэтому энергию, выделяемую при ядерном взрыве, определяют следующим образом. Подбирают такое количество обычного взрывчатого вещества, которое выделяет при взрыве столько же энергии, сколько выделил данный ядерный заряд. Весом этого обычного заряда и характеризуют энергию ядерного взрыва.

Одним из наиболее распространенных взрывчатых веществ, взрыв которых наиболее хорошо изучен, является тротил. Поэтому другие взрывы принято характеризовать тротиловым эквивалентом. Тротиловым эквивалентом называется вес такого заряда тротила, который дает столько же энергии, сколько получается и при взрыве соответствующего ядерного заряда.

Тротиловый эквивалент выражают в килограммах, тоннах, килотоннах (1 килотонна = 1000 тонн) или, при весьма крупных зарядах, в мегатоннах (1 мегатонна = = 1 000 000 тонн).

Подавляющая часть энергии взрыва обычного взрывчатого вещества проявляется в виде механического действия, в частности она идет на образование воздушной ударной волны. При ядерном взрыве дело обстоит иначе. Как было уже указано выше, заметная часть энергии ядерного взрыва выносится на значительные расстояния

при помощи различных видов излучения (свет, проникающее излучение). Поэтому на образование ударной волны при ядерном взрыве расходуется 35% всей энергии.

Всю энергию ядерного взрыва выражают через **полный тротиловый эквивалент.**

Энергию, определяющую собой действие воздушной ударной волны, выражают через **тротиловый эквивалент по ударной волне.**

Основным выражением энергии ядерного взрыва, которым пользуются при оценке механического разрушающего действия и при расчетах, касающихся ударных волн, является тротиловый эквивалент по ударной волне.

Эта величина обычно определяется на опыте, исходя из измерений величины избыточного давления на фронте воздушной ударной волны на различных расстояниях от места взрыва.

Если возникает необходимость определить тротиловый эквивалент в обычных единицах измерения энергии, то следует учитывать, что 1 кг тротилового эквивалента соответствует приблизительно 430 тыс. килограммометров работы. Иными словами, энергия взрыва 1 кг тротила достаточна, чтобы груз весом 1 кг поднять на высоту 430 тыс. м, или 430 км.

Отсюда следует, что ядерный взрыв с тротиловым эквивалентом 10 тыс. т мог бы при полном использовании его механической работы бросить тяжелый крейсер весом 10 тыс. т тоже на высоту 430 км. Следовательно, эта энергия очень велика.

Закон подобия. В целом закономерности, определяющие развитие взрыва и его различные действия, довольно сложны и разнообразны. Однако есть очень простой и проверенный на практике способ решения многих задач в области взрыва, который значительно облегчает расчеты избыточного давления волны, радиусов разрушающего действия и многих других величин. Этот способ основывается на законе подобия для взрывов.

Согласно закону подобия **расстояние от места взрыва до точки с заданными свойствами на фронте воздушной ударной волны пропорционально корню кубическому из тротилового эквивалента.**

Рассмотренный закон поясним примером. Известно из опыта и теории, что при взрыве заряда с тротиловым

эквивалентом по воздушной ударной волне $q_А = 10$ тыс. т избыточное давление на фронте, равное 10 кг на квадратный сантиметр, наблюдается на расстоянии $R_А = 220$ м.

Спрашивается, на каком расстоянии $R_Б$ будет наблюдаться точно такое же избыточное давление на фронте ударной волны при взрыве заряда с тротиловым эквивалентом по ударной волне, равном $q_Б = 10$ млн. т?

Эту задачу проще всего решить так. Тротиловый эквивалент возрастает в рассматриваемом случае в тысячу раз. Это видно из отношения

$$\frac{q_Б}{q_А} = \frac{10\,000\,000}{10\,000} = 1000.$$

Если тротиловый эквивалент возрос в тысячу раз, то расстояние, на котором наблюдается то же давление, должно увеличиться в $\sqrt[3]{1000} = 10$ раз. Поэтому при тротиловом эквиваленте, равном 10 млн. т, избыточное давление на фронте, равное 10 кг на квадратный сантиметр, будет наблюдаться на расстоянии $R_Б$, в десять раз превосходящем величину $R_А$. Отсюда следует:

$$R_Б = R_А \sqrt[3]{1000} = 10 R_А.$$

Учитывая указанное выше значение $R_А$, получаем, что

$$R_Б = 2200 \text{ м} = 2{,}2 \text{ км}.$$

На основании рассмотренного примера можно написать такие общие формулы:

$$\frac{R_А}{R_Б} = \sqrt[3]{\frac{q_А}{q_Б}} \text{ и } \left(\frac{R_А}{R_Б}\right)^3 = \frac{q_А}{q_Б}.$$

Если разделить тротиловый эквивалент на куб соответствующего расстояния, то получим постоянную величину. Можно написать (при постоянных параметрах фронта волны):

$$\frac{q_А}{R_А^3} = \frac{q_Б}{R_Б^3} = \frac{q}{R^3} = \text{постоянная величина.}$$

Например, для избыточного давления 10 кг/см^2

$$\frac{q_А}{R_А^3} = \frac{q_Б}{R_Б^3} = 0,00095 \text{ т/м}^3.$$

Если выразить $q_А$ и $q_Б$ в килограммах, получим другую величину, но и она будет постоянной:

$$\frac{q_А}{R_А^3} = \frac{q_Б}{R_Б^3} = 0,95 \text{ кг/м}^3.$$

Таким образом, каждому заданному значению избыточного давления на фронте воздушной ударной волны соответствует одно вполне определенное отношение $\frac{q}{R^3}$.

Отсюда следует, что на основе опыта или теоретического расчета можно установить величину этого отношения для какого-либо одного значения q и потом использовать это отношение для расчетов при иных тротиловых эквивалентах. Это очень удобно с практической точки зрения, так как можно провести опыты с малыми зарядами из обычного тротила, а полученные результаты перенести на расчет избыточного давления воздушной ударной волны сколь угодно мощного ядерного взрыва и иметь уверенность в совпадении расчета и опыта, если только заранее известен соответствующий тротиловый эквивалент.

Чтобы опытные данные наиболее удобно использовать на практике, можно подобрать подходящую формулу, которая давала бы связь между избыточным давлением и отношением $\frac{q}{R^3}$.

Обычно избыточное давление на фронте ударной волны обозначают $\Delta p_ф$. Здесь значок Δ означает, что имеется в виду не полное, а только избыточное (над атмосферным) давление. Индекс $_ф$ означает, что речь идет об избыточном давлении на фронте волны.

Простейшей практически пригодной формулой для ориентировочных расчетов значений $\Delta p_ф$ при условии, что они лежат в пределах примерно от 0,1 до 2 кг/см^2, можно считать формулу такого вида:

$$\Delta p_ф = 3,9 \sqrt{\frac{q}{R^3}}.$$

Здесь $\Delta p_ф$ получается в кг/см², если q выражено в килограммах и R в метрах.

Приведенная здесь формула является простейшим выражением связи между $\Delta p_ф$ и $\frac{q}{R^3}$, вытекающим из рассмотренного закона подобия.

Расчет избыточного давления на фронте воздушной ударной волны. Указанный выше способ расчета избыточного давления воздушной ударной волны является приближенным. Приведенные формулы пригодны для расчетов только тогда, когда получаемое по ним избыточное давление лежит в сравнительно ограниченных пределах от 0,1 до 2 кг/см². Практика требует часто выхода за эти пределы. Поэтому возникает необходимость расширить и уточнить способы расчета.

Для определения избыточного давления на Абердинском полигоне в США [1] были использованы электронные счетные машины.

Результаты таких расчетов можно выразить в виде таблиц или графиков, в которых учитываются различные условия взрыва.

При этом очень важно выбрать наиболее удобную единицу для измерения расстояния от места взрыва до той точки, где определяется избыточное давление. Единицу расстояния нужно выбрать так, чтобы получить одни и те же графики для всех тротиловых эквивалентов. Кроме того, необходимо учесть еще и первоначальное давление атмосферы. Взрыв может быть произведен на разной высоте над местностью, на разных высотах в горах, а также в разную погоду, когда давление воздуха различно. Следовательно, первоначальное давление атмосферы может изменяться, а это влияет на результаты определения избыточного давления.

Чтобы решить этот вопрос, следует вспомнить, что давление воздуха пропорционально энергии, содержащейся в каждом кубическом метре воздуха. Эта энергия является энергией движения молекул воздуха.

Если ударная волна распространилась от места взрыва на расстояние R, то общий объем воздуха, под-

[1] Journal of Applied Phisics, 1955, июнь, v 26, № 6, стр. 766.

вергшийся к этому моменту действию взрыва, будет равен

$$\frac{4}{3}\pi\cdot R^3.$$

Энергия, заключенная первоначально в этом объеме, будет пропорциональна величине

$$\frac{4}{3}\pi R^3\cdot P_0,$$

где P_0 — первоначальное давление атмосферы. Величина $\frac{4}{3}\cdot\pi$ является во всех случаях одной и той же. Таким образом, можно считать, что энергия, заключенная до взрыва в воздухе, подвергшемся действию ударной волны, пропорциональна произведению $R^3\cdot P_0$.

Энергия же, введенная в воздух при взрыве, пропорциональна тротиловому эквиваленту по ударной волне q.

Теория и расчет показывают, что избыточное давление зависит только от соотношения между энергией взрыва, обусловившей появление ударной волны, и энергией, бывшей ранее в среде, где эта волна возникла. Таким образом, избыточное давление зависит только от величины

$$\frac{q}{R^3 P_0}=k.$$

Отсюда

$$R=\sqrt[3]{\frac{q}{kP_0}}=\sqrt[3]{\frac{1}{k}}\sqrt[3]{\frac{q}{P_0}}.$$

Обозначим величину

$$\sqrt[3]{\frac{1}{k}}=R_1.$$

Таким образом, можно написать

$$R=R_1\sqrt[3]{\frac{q}{P_0}}$$

и

$$R_1=\frac{R}{\sqrt[3]{\frac{q}{P_0}}}.$$

Можно считать, что при определенном значении k соответствующее определенное значение имеет и R_1.

Так как избыточное давление на фронте ударной волны, как сказано выше, зависит только от величины k, то оно зависит также и от соответствующей величины R_1, которую можно назвать условным расстоянием.

Для того чтобы получить это условное расстояние R_1, необходимо истинное расстояние R разделить на величину

$$\sqrt[3]{\frac{q}{P_0}}=r.$$

r — есть условная единица длины. Выражая в таких единицах расстояние от места взрыва до точки, где определяется избыточное давление $\Delta p_ф$ на фронте ударной волны, можно для всех возможных значений первоначального давления среды P_0 и тротилового эквивалента по ударной волне получить одни и те же значения $\Delta p_ф$.

Если потом необходимо вновь перейти от R_1 к R, то нужно только умножить R_1 на r и будет получена величина R в соответствующих единицах. При практических расчетах удобно, например, выражать q в тоннах, а P_0 в кг/см^2.

Нормальное давление атмосферы можно считать с достаточной точностью равным 1 кг/см^2. При таких условиях можно принять простую формулу

$$r=\sqrt[3]{q}.$$

Избыточное давление также следует измерять в относительных единицах, беря отношение

$$\frac{\Delta p_ф}{P_0}.$$

На рис. 22 и 23 даны графики, позволяющие найти при изложенных условиях значение $\Delta p_ф$ при заданных R, P_0 и q.

Сплошная кривая на этих графиках представляет собою изменение $\frac{\Delta p_ф}{P_0}$ от R_1.

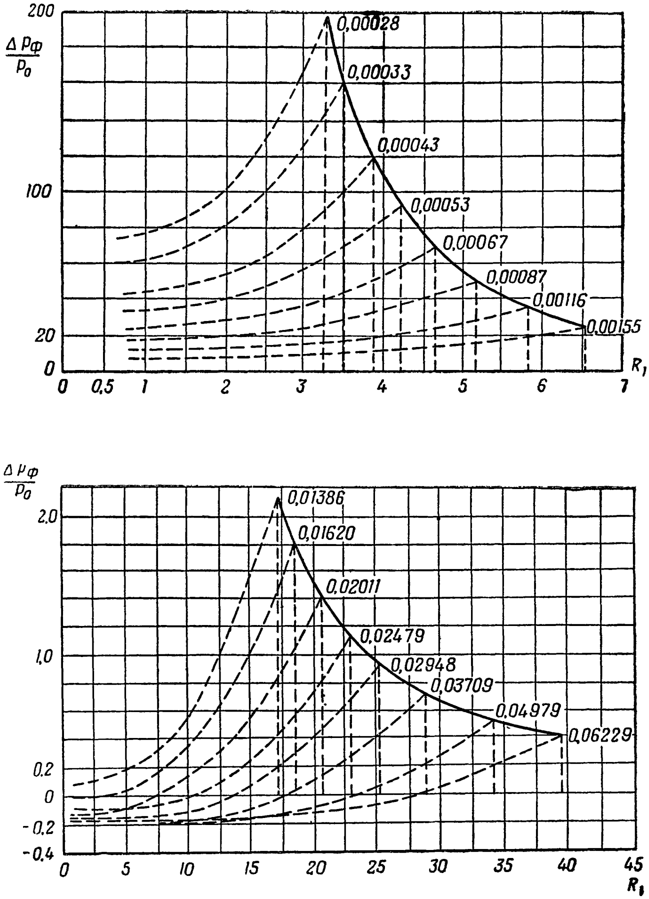


Рис. 22. График, характеризующий параметры ударной волны. Около отдельных точек кривых указаны соответствующие значения τ_0

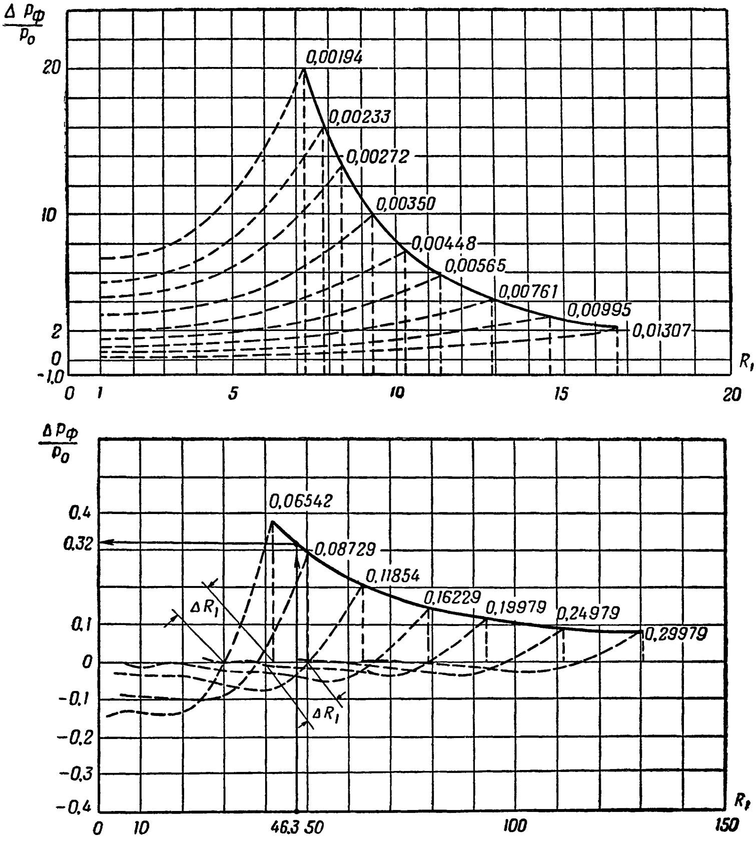


Рис. 23. График, характеризующий параметры ударной волны. Около отдельных точек кривых указаны соответствующие значения τ_0

Эти графики (при условии постоянства c_p/c_v) представляют собою результат аналитического решения с помощью электрических вычислительных машин задачи о распространении сферических ударных волн в безграничной атмосфере.

Чтобы воспользоваться приведенными выше графиками, надо сначала определить величину

$$r = \sqrt[3]{\frac{q}{P_0}}.$$

Здесь q должно быть выражено в тоннах, а P_0 в атмосферах. Далее следует найти условное расстояние.

$$R_1 = \frac{R}{r}.$$

Отыскивая на горизонтальной оси величину R_1, находим по графику величину

$$\frac{\Delta p_ф}{P_0}$$

по шкале на вертикальной оси.

Умножая эту величину на P_0, определяем $\Delta p_ф$. Если $P_0 = 1$ атм., то действия упрощаются; при этом

$$r = \sqrt[3]{q} \text{ (} q \text{ в тоннах)}$$

и

$$\frac{\Delta p_ф}{P_0} = \Delta p_ф \text{ (} \Delta p_ф \text{ и } P_0 \text{ в атмосферах или кг/см}^2\text{)}.$$

Поясним рассмотренный способ расчета примером. Пусть имеется ядерная бомба с полным тротиловым эквивалентом, равным 20 тыс. т. В данном случае тротиловый эквивалент по воздушной ударной волне $q = 10$ тыс. т. Определим значение $\Delta p_ф$ при взрыве рассматриваемой бомбы, если $P_0 = 1$ кг/см^2 = 1 атм. на расстоянии $R = 1000$ м. С этой целью сначала определим величину r:

$$r = \sqrt[3]{\frac{q}{P_0}} = \sqrt[3]{\frac{10\,000}{1}} = 21{,}6 \text{ м.}$$

Установим теперь условное расстояние. Оно равно

$$R_1 = \frac{R}{r} = \frac{1000}{21,6} = 46,3.$$

Теперь по графику на рис. 23 (ход решения показан стрелками) исходя из $R_1 = 46,3$ находим:

$$\frac{\Delta p_ф}{P_0} = \Delta p_ф = 0,32 \text{ атм} = 0,32 \text{ кг/см}^2.$$

Расчет времени распространения воздушной ударной волны и размеров зоны сжатия с помощью графиков. Помимо расчета избыточного давления с помощью указанных выше графиков можно исходя из описанного способа установить также и время распространения ударной волны Θ. Как показывает теория, это время пропорционально указанному выше значению r:

$$\Theta = \tau_0 r = \tau_0 \sqrt[3]{\frac{q}{P_0}} \text{ сек.}$$

Здесь, как и раньше, q выражается в тоннах, а P_0 в атмосферах или килограммах на квадратный сантиметр; τ_0 — коэффициент пропорциональности.

Соответствующие значения τ_0 указаны около отдельных точек кривых на рис. 22 и 23.

Применительно к рассмотренному выше примеру, когда q = 10 тыс. т, R = 1000 м и r = 21,6 м, можно приближенно считать согласно рисунку 23 $\tau_0 = 0,075$.

Следовательно, время прихода ударной волны на расстояние R = 1000 м будет равно

$$\Theta = \tau_0 \cdot r = 0,075 \cdot 21,6 = 1,6 \text{ сек.}$$

На рис. 22 и 23, помимо кривых, нанесенных жирной линией, имеется еще серия пунктирных кривых, которые показывают, как распределено давление в воздушной ударной волне за ее фронтом в массе воздуха, находящейся между местом взрыва и фронтом волны.

Например, ширина зоны сжатия в условиях рассмотренного выше примера, как это видно на рис. 23, может быть определена как среднее для двух положений волны. Одно из них соответствует примерно

$$R_1^* = 42$$

и другое

$$R_1^{**} = 50.$$

Глубина волны в обоих случаях равна примерно

$$\Delta R_1 = 13.$$

Действительная глубина зоны сжатия равна

$$\Delta R = \Delta R_1 r = 13 \cdot 21{,}6 = 281 \text{ м}.$$

Зона разрежения простирается в этом случае до самого места взрыва, как это видно на рис. 23.

Расчет скорости воздуха за фронтом ударной волны. Скорость воздуха за фронтом воздушной ударной волны согласно теории равна

$$U_ф = 10\,000 \frac{\Delta p_ф}{\rho D} \text{ м/сек}.$$

Здесь $\Delta p_ф$ — избыточное давление в атмосферах или кг/см^2;

ρ — плотность воздуха в атмосфере;

D — скорость фронта ударной волны в м/сек.

Величина ρ может быть определена по такой формуле:

$$\rho = 0{,}125 P_0 \frac{1}{1 + \frac{t}{273}} \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^4.$$

Здесь P_0 — давление атмосферы, выраженное в атмосферах или кг/см^2.

Как видно из последней формулы, влияние температуры на плотность воздуха практически невелико. Учитывая это, можно на основании двух последних формул написать:

$$U_ф = 80\,000 \frac{\Delta p_ф}{P_0 \cdot D}.$$

Значения $\frac{\Delta p_ф}{P_0}$ могут быть найдены описанным выше способом по графикам на рис. 22 и 23. Величина D может быть определена при помощи такой формулы:

$$D = c \sqrt{1 + 0{,}86 \frac{\Delta p_ф}{P_0}}.$$

Здесь c — скорость звука, равная $c = 20 \sqrt{T}$;

T — температура в °K.

4. Взаимодействие ударных волн с преградами

Регулярное отражение ударных волн от неподвижных преград. Весьма часто действие воздушной ударной волны происходит в условиях, когда она набегает на какую-либо преграду, находящуюся на пути ее движения. Движущиеся массы воздуха тормозятся преградой, а давление, температура и плотность воздуха дополнительно повышаются. Это приводит к тому, что разрушающее действие такой ударной волны оказывается бо́льшим, чем действие волны, скользящей вдоль преграды.

Увеличение давления ударной волны, набегающей на преграду, получается наибольшим, если преграда расположена перпендикулярно направлению распространения волны. В этом случае скорость движения воздуха за фронтом набегающей ударной волны гасится полностью, воздух у преграды поджимается наиболее интенсивно, чем и объясняется указанное повышение его давления, температуры и плотности.

Еще около полувека назад известный русский ученый Н. Е. Жуковский обратил внимание на некоторое сходство между волнами, распространяющимися по поверхности воды, и воздушными ударными волнами. В частности, всем, кто наблюдал движение морских или речных волн вблизи вертикальной стенки набережной или крутого берега, хорошо известно, что волна, набегая на крутую стенку и ударяя в нее, дает высокий всплеск, который поднимает часть движущейся воды на высоту, существенно превосходящую первоначальную высоту гребня волны. Очевидно, что выбрасывание воды вверх возможно только потому, что при ударе водяной волны о преграду давление резко возрастает. Это и представляет известную аналогию с теми явлениями, которые наблюдаются при встрече воздушной ударной волны с преградой.

В тот момент, когда фронт ударной волны встречается с плоскостью преграды, на ее поверхность внезапно начинает действовать давление, складывающееся как бы из двух частей: давления, до которого был сжат воздух на скачке уплотнения, и давления, обусловленного практически мгновенной остановкой движущейся массы воздуха (давление скоростного напора). Давление скоростного напора может существенно превышать

статическое (которое имел воздух на гребне волны). Поэтому и суммарное давление может быть намного больше, чем статическое. Максимальное давление на преграду получается в первый момент удара, так как в этот момент и скорость среды на гребне волны, и статическое давление самые высокие.

В первый момент удара останавливаются только те частицы, которые находились на фронте действующей волны, затем те частицы, которые находятся в следующем слое, и т. д. Следовательно, образуется новый скачок уплотнения, на котором прекращается движение воздуха в сторону распространения действующей волны, появляется новая ударная волна — отраженная, двигающаяся в обратном направлении — от преграды.

Фронт отраженной ударной волны постепенно удаляется от преграды. Вначале это перемещение определяется главным образом остановкой воздуха, движущегося в действующей волне. Последнее аналогично явлению, которое можно наблюдать при внезапной остановке паровоза, двигающего состав с малой скоростью. В этом случае сначала останавливается ближний к паровозу вагон, а остальные продолжают катиться по инерции. Затем останавливается второй вагон, за ним третий и т. д., пока волна торможения не дойдет до последнего вагона.

Расчет избыточного давления, возникающего при прямом ударе воздушной ударной волны о преграду, может быть осуществлен по формуле

$$\Delta p_{\text{отр}} = 2\Delta p_{\text{ф}} + \frac{6\Delta p_{\text{ф}}^2}{\Delta p_{\text{ф}} + 7P_0},$$

где $\Delta p_{\text{ф}}$ — избыточное давление во фронте прямой (падающей) волны;

P_0 — давление атмосферного воздуха;

$\Delta p_{\text{отр}}$ — избыточное давление во фронте отраженной волны.

В зависимости от величины $\Delta p_{\text{ф}}$ возрастание давления при отражении получается различным. Например, если $\Delta p_{\text{ф}}$ во много раз больше атмосферного давления, равного 1 кг/см², получаем

$$\Delta p_{\text{отр}} = 8\Delta p_{\text{ф}}.$$

Это значит, что при отражении очень сильных ударных волн от преград давление возрастает в восемь раз. (Практически при очень сильных ударных волнах давление может возрасти до одиннадцати раз.)

Наоборот, если $\Delta p_ф$ равно атмосферному давлению, то $\Delta p_{отр} = 2{,}75$, то есть возрастает всего в 2,75 раза.

В табл. 2 приведены значения $\Delta p_{отр}$ при различных $\Delta p_ф$.

Таблица 2

Значения избыточного давления во фронте отраженной волны $\Delta p_{отр}$ при различных значениях избыточного давления $\Delta p_ф$ в падающей перпендикулярно на преграду воздушной ударной волне (при атмосферном давлении, равном 1 кг/см²)

$\Delta p_ф$ (кг/см²) . . .	0,05	0,1	0,3	0,5	1	2	3
$\Delta p_{отр}$ (кг/см²) . .	0,10	0,21	0,65	1,20	2,76	6,67	11,2
$\Delta p_{отр}/\Delta p_ф$	2,0	2,1	2,2	2,4	2,8	3,3	3,7

Из таблицы видно, что в области практически важных случаев действия ударной волны, когда $\Delta p_ф$ лежит в пределах примерно от 0,05 до 3 кг/см², увеличение максимального избыточного давления в результате отражения происходит от 2 до 3,7 раза.

После торможения воздуха преградой начинается его движение в противоположную сторону. При этом энергия, затраченная на сжатие воздуха, в значительной своей части вновь переходит в энергию движения и на некотором расстоянии от преграды получается отраженная ударная волна, напоминающая волну, идущую непосредственно от заряда и лишь несколько ослабленную потерями энергии при отражении. Если преграда плоская и волна отражается от нее при взрыве сосредоточенного заряда, расположенного на расстоянии H от преграды, то, как видно из рис. 24, отраженная волна будет распространяться так, как если бы за преградой, также на расстоянии H, был расположен заряд, вызвавший эту волну своим взрывом. Такое отражение называется регулярным и аналогично отражению звука, света и волн на поверхности воды от соответствующих преград.

Нерегулярное отражение ударных волн. Уже при регулярном отражении наблюдаются некоторые особенности в движении отраженной ударной волны, которые содержат начало отступлений от правильного, регулярного отражения. Дело в том, что отраженная волна движется

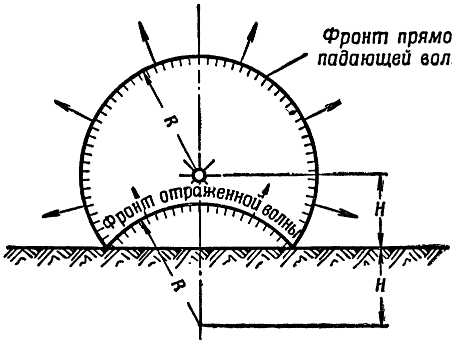


Рис. 24. Схема регулярного отражения ударной волны от поверхности земли

частично по воздуху, уже нагретому и уплотненному падающей волной (см. рис. 25), поэтому скорость распространения отраженной волны увеличивается.

Пока угол α между фронтом падающей волны и отражающей ее поверхностью меньше 45° (на близких рас-

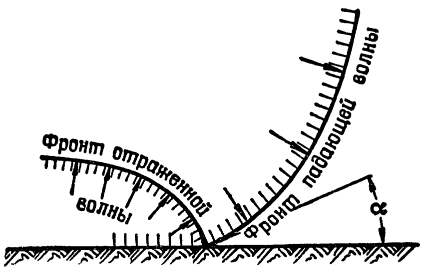


Рис. 25. Схема распространения падающей и отраженной волн

стояниях от эпицентра взрыва), схема отражения, показанная на рис. 25, сохраняется. Однако когда указанный угол становится больше 45° (на больших расстояниях от эпицентра взрыва), уплотненный при отражении слой

воздуха оттесняет падающую волну и выдвигается вперед, обгоняя эту волну. Схема этого явления — нерегулярного отражения — показана на рис. 26. Подобное явление можно часто наблюдать в природе. Например, при движении потока воды по асфальту вдоль тротуара нередко приходится видеть, как волна, идущая от какого-либо камня или другого предмета, набегает на борт тротуара и отражается от него. При достаточной силе и скорости потока получается нерегулярное отражение волны от борта тротуара.

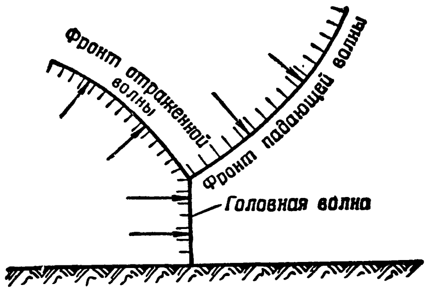


Рис. 26. Схема нерегулярного отражения ударной волны

Давление при отражении возрастает. Если угол α между фронтом волны и отражающей поверхностью равен нулю, то возрастание давления происходит так, как это следует из приводимой выше формулы для $\Delta p_{отр}$. Если угол α равен 90°, то отражения вообще нет и давление на фронте волны остается неизменным. Если же угол α изменяется от 0 до 90°, то наибольшее возрастание давления получается при переходе от регулярного отражения к нерегулярному.

На рис. 27 приведен график[1], из которого видно, во сколько раз возрастает избыточное давление отражения $\Delta p_{отр}$ при различных значениях угла α.

Каждая кривая на рис. 27 соответствует определенному избыточному давлению $\Delta p_{ф}$ в подходящей к преграде волне. Значения $\Delta p_{ф}$ отмечены около каждой кривой.

[1] Этот график взят из книги «The Effects of Atomic Weapons», New York — London, 1950.

Как следует из графика на рис. 27, наибольшее повышение давления получается при переходе от регулярного отражения к нерегулярному при угле α, лежащем в пределах 40—70° (в зависимости от избыточного давления во фронте падающей волны).

Волна, образующаяся при слиянии падающей и отраженной волн, называется головной волной (рис. 26).

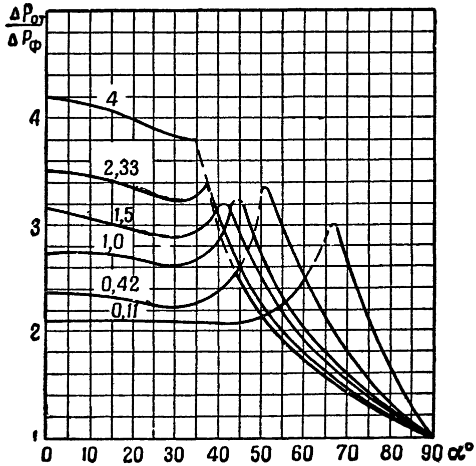


Рис. 27. График зависимости отношения избыточного давления в отраженной (или головной) волне к избыточному давлению в падающей волне $\frac{\Delta P_{отр}}{\Delta P_ф}$ от угла α между фронтом падающей волны и преградой

Фронт этой волны перпендикулярен отражающей поверхности. Избыточное давление на фронте головной волны примерно равняется избыточному давлению при перпендикулярном падении ударной волны на преграду. Это справедливо, если угол между фронтом падающей волны и отражающей поверхностью только немного превышает 45°. При увеличении этого угла головная волна увеличивается по высоте, и постепенно ее избыточное давление начинает приближаться к давлению на фронте падающей волны. Когда указанный угол приближается к прямому, превышение избыточного давления на фронте

головной волны над избыточным давлением падающей волны становится незначительным.

Рассмотрим теперь распространение ударных волн при взрыве какого-либо заряда на некоторой высоте над плоской поверхностью земли. Такой взрыв, как известно, называется воздушным.

На рис. 28 показано развитие отражения ударной воздушной волны от поверхности земли.

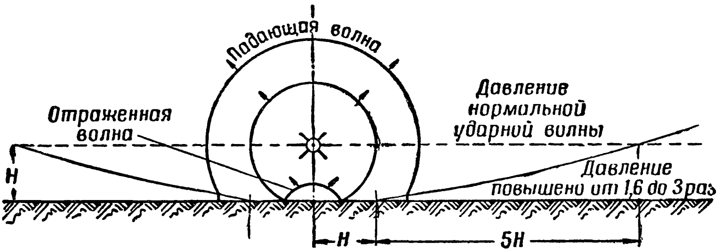


Рис. 28. Образование и распространение отраженной ударной волны при воздушном ядерном взрыве

В точках, находящихся от эпицентра на расстояниях, меньших, чем высота H точки взрыва над поверхностью земли, получается регулярное отражение, а в точках, находящихся от эпицентра на расстояниях R, превышающих указанную высоту H, начинается нерегулярное отражение и возникает головная волна. Высота фронта этой головной волны все время увеличивается. Наконец фронт головной волны достигает высоты, на которой произошел взрыв. После этого форма фронта головной волны начинает изменяться и он приобретает форму части поверхности шара с центром, расположенным в эпицентре.

Обтекание ударными волнами объектов ограниченных размеров. Движение воздушной ударной волны вдоль ровной и гладкой поверхности земли — это сравнительно редкий случай. Гораздо чаще на пути распространения ударной волны будут встречаться здания, деревья, различные неровности местности и разные местные предметы. В этих случаях распространение воздушной ударной волны будет изменяться. Она будет частично отражаться от местных предметов, частично обтекать их.

Проследим это явление на простейшем примере. Представим себе, что имеется достаточно прочная верти-

кальная стенка, которая выдерживает воздействие воздушной ударной волны. При таких условиях набегающая на стенку ударная воздушная волна будет отражаться от нее. Пусть волна падает на стенку перпендикулярно. Этот момент показан схематически на рис. 29, *а*. В результате отражения около поверхности стенки образуется слой уплотненного воздуха, ограниченный снаружи фронтом зарождающейся отраженной волны.

Однако следует обратить внимание на то, что уже в рассматриваемый момент начинается некоторое искажение плоского фронта у края преграды в уплотненном слое воздуха за фронтом отраженной волны. Эти искажения состоят в том, что сильно сжатый у поверхности стенки слой воздуха ничем не подпирается сверху, где давление воздуха меньше, чем в уплотненном слое. В результате воздух из уплотненного слоя начинает истекать вверх и волна разрежения (пониженного давления) начинает распространяться вниз по уплотненному слою воздуха. В пределах, захваченных волной, воздух движется не только вверх, но и отклоняется движущимся над преградой воздухом в сторону распространения основной ударной волны. В результате направление движения воздуха искривляется и получается вихрь, закручивающийся по направлению движения часовой стрелки, как показано на рис. 29, *а*. Вследствие появления вихря давление воздуха на верхнюю часть стенки резко снижается, потому что, во-первых, уменьшается плотность воздуха вследствие его растекания и, во-вторых, центробежные силы отжимают воздух от верхней поверхности преграды. Снаружи вихрь оказывается ограниченным изогнутым фронтом отраженной ударной волны. Здесь центробежные силы уплотняют воздух за фронтом отраженной волны и давление становится выше, чем в прилегающей к преграде части отраженной волны. Именно этим и объясняется возникновение искривленной части отраженной ударной волны, охватывающей верхний край преграды.

С течением времени рассмотренные явления обтекания усложняются и развиваются, но общий их характер сохраняется прежним. На рис. 29, *б* показан момент, когда искривленная часть отраженной волны уже обогнула верхний край преграды и движется вниз по тыльной

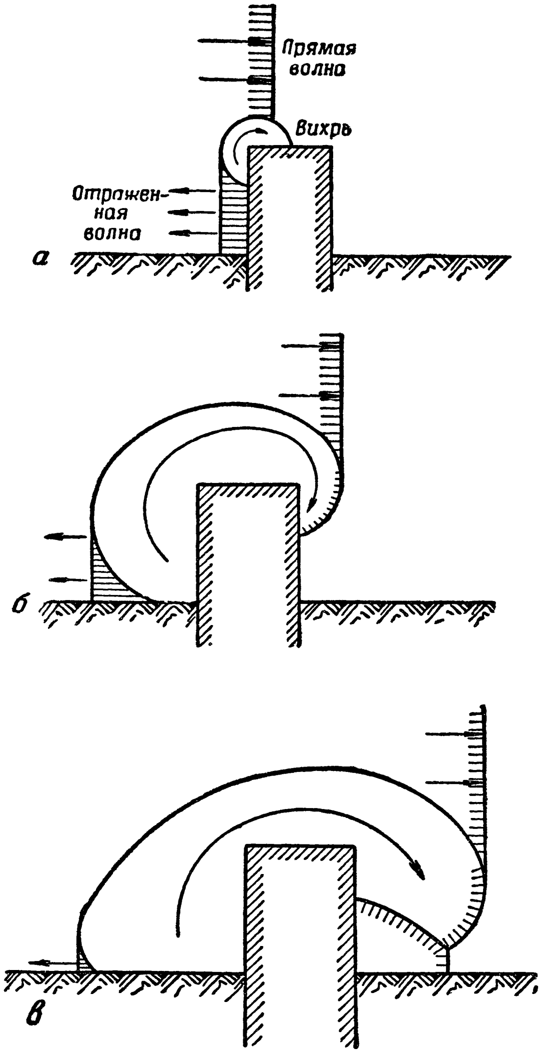


Рис. 29. Обтекание преграды ударной волной

На рисунках *а*, *б*, *в* показано отражение ударной волны от вертикальной стенки и развитие обтекания

части стенки, сливаясь здесь с фронтом первоначальной волны.

В результате этого тыльная поверхность преграды постепенно загружается повышенным давлением воздуха, а передняя поверхность, обращенная в сторону взрыва, постепенно разгружается. Волна разрежения, опускаясь вниз по этой передней поверхности преграды, постепенно снижает высокое давление, получающееся при отражении

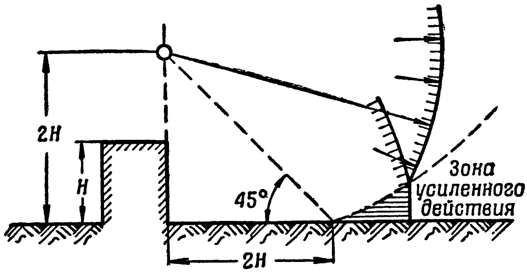


Рис. 30. Образование головной волны и зоны усиленного действия за преградой

волны от преграды. Однако даже и сниженное давление оказывается несколько больше, чем давление на тыльную сторону стенки.

Затем наступает следующий этап обтекания. Волна (вихрь) доходит до поверхности земли и начинает от нее отражаться с соответствующим увеличением давления, как и первичная ударная волна взрыва отражается от земли. Этот этап рассматриваемого процесса показан на рис 29, *в*.

По мере дальнейшего движения волна обтекания подходит к поверхности земли, образуя с ней все более и более значительные углы. Центр кривизны фронта этой волны находится на высоте, приблизительно в два раза превосходящей высоту преграды. При таких условиях на расстоянии, равном удвоенной высоте $2H$ преграды, фронт ударной волны, огибающей преграду, образует с поверхностью земли угол примерно 45°, что и приводит к образованию головной волны (рис. 30). При дальнейшем движении волны за преградой образуется зона нерегулярного отражения, где действие избыточного давления резко усиливается. Головная волна, образовавшаяся при этом, перемещается далее. Вихрь, возникший

в результате обтекания ударной волной края преграды, отрывается от нее и распространяется дальше вместе с массой воздуха.

Рассмотрим теперь картину обтекания высокой, но неширокой стенки. Здесь у каждого края стены наблюдаются такие же явления, какие рассмотрены раньше. Это показано в серии схем на рис. 31. Особенностью этого

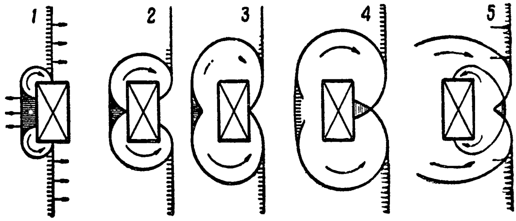


Рис. 31. Последовательная картина (*1*, *2*, *3*, *4*, *5*) обтекания преграды ударной волной (в плане)

случая по сравнению с предыдущим является то, что огибающие преграду с различных сторон волны набегают друг на друга. Происходит соударение волн и их взаимное отражение друг от друга. Отражение протекает таким путем, как если бы за средней частью преграды стояла в месте соударения тонкая, но прочная преграда, отражающая волны, как в предыдущем примере они отражались от поверхности земли. В результате возникает область нерегулярного отражения с усиленным действием взрыва на расстоянии от преграды, примерно равном ее ширине. Это видно на последней схеме рис. 31.

Можно рассмотреть еще такой случай, когда волна обтекает преграду ограниченной высоты и ширины. Здесь обтекание происходит как сверху, так и с боковых сторон. В результате этого в зоне нерегулярного отражения волны сходятся сразу с трех сторон и усиление действия взрыва оказывается настолько значительным, что избыточное давление ударной волны не только достигает величины избыточного давления ударной волны до ее удара о преграду, но и значительно превосходит это давление. В этом случае в определенной части пространства за преградой разрушающее действие взрыва оказывается сильнее, чем в случае отсутствия преграды.

Распределение областей повышенного и пониженного давления ударной волны при обтекании преграды, высота которой равна половине ширины, показано в плане на рис. 32. Здесь важно отметить то, что наибольшее снижение действия взрыва получается не в средней части площади, закрываемой преградой от действия ударной волны, а по сторонам от средней линии. Эта особенность является несколько неожиданной и вместе с тем

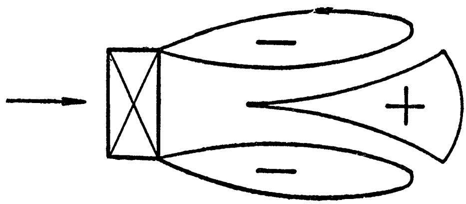


Рис. 32. Схема зон пониженного (—) и повышенного (+) действия воздушной ударной волны за преградой

проявляется достаточно сильно. С ней необходимо считаться всегда при использовании различных местных объектов для защиты от действия атомного взрыва.

Перейдем теперь к рассмотрению сил, действующих в целом на преграду, воспринимающую нагрузку от ударной волны. Если бы преграда была очень большой по размерам в сравнении с глубиной сжатой зоны воздуха, то общая сила, действующая на преграду, получилась бы в результате умножения избыточного давления на площадь преграды, воспринимающей это давление.

Если преграда невелика по сравнению с глубиной ударной воздушной волны, то начинается обтекание преграды, которое мы рассмотрели выше. Далее следует переход к такому установившемуся обтеканию преграды потоком воздуха, какое наблюдается, например, при обычном достаточно сильном ветре. Переходное состояние длится в течение времени, необходимого, чтобы волна разрежения и вихревое движение охватили бы преграду полностью. Это время t_1 может быть вычислено приближенно так:

$$t_1 = \frac{B}{340} \text{ сек.}$$

Здесь B — ширина преграды в метрах. Если t_1 мало по сравнению со временем действия избыточного давления τ, то можно считать, что действие воздушной ударной волны в этом случае подобно действию порыва урагана с наибольшей скоростью ветра $U_ф$.

Приближенно можно считать, что такое обтекание преграды будет происходить тогда, когда t_1 в десять и более раз меньше, чем τ. На основании этого можно найти ширину такой преграды, на которую действие ударной волны приближается к действию порыва ветра.

Если, например, $q = 15$ млн. кг и $R = 100$ м, то $B \leqslant 22$ м.

Этот вывод справедлив для случая, часто встречающегося на практике, — когда период собственных колебаний преграды, подверженной воздействию ударной волны, превосходит время ее обтекания t_1 волной.

Таким образом, дома средних размеров ($B \leqslant 22$ м) и тем более такие объекты, как заводские трубы, стальные мосты, мачты электропередач, телеграфные столбы и т. д., в основном воспринимают ударную волну мощного взрыва как внезапно налетевший ураган.

5. Влияние рельефа местности на действие воздушной ударной волны

Рассмотрим, как ведет себя воздушная ударная волна, набегая на наклонную преграду, например на откос холма, обращенного в сторону взрыва. Пусть угол между фронтом ударной волны и откосом будет больше 45°. Это значит, что здесь возникают условия, при которых получается нерегулярное отражение воздушной ударной волны. На рис. 33 показано несколько последовательных положений волны, набегающей на передний скат холма. Около поверхности откоса получается ярко выраженная область нерегулярного отражения, и вдоль этой поверхности идет головная волна с давлением, повышенным по сравнению с первоначальной волной. Если скат уже находился в зоне нерегулярного отражения, то на него надвинется уже образовавшаяся головная волна. Вблизи откоса образуется вторичная головная волна, существенно более сильная, чем первичная. Отсюда следует, что на скатах, обращенных в сторону взрыва, действие воздушной ударной волны будет всегда

заметно возрастать. Наоборот, на обратных скатах, когда волна, огибая вершину холма, ослабляется, действие взрыва соответственно снижается.

Если на карте показаны горизонтали, то, используя приведенные здесь соображения, можно установить, как

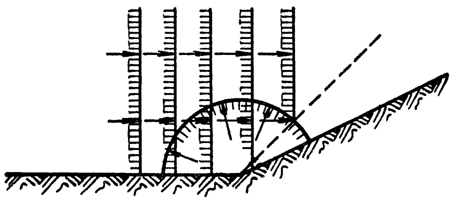


Рис. 33. Изменение фронта ударной волны при набегании ее на наклонную преграду (холм)

изменится зона поражений под влиянием рельефа местности. На рис. 34 в плане показаны горизонтали, очерчивающие удлиненный холм. Пусть вблизи бокового откоса этого холма произошел взрыв атомной бомбы. На рис. 34 схематически, пунктиром, отмечена круговая зона разрушений, которая осуществилась бы при взрыве над плоской местностью. Жирной линией показаны действительные размеры зоны разрушений с учетом влияния холма на воздушную ударную волну.

Основное правило, которое в общем объединяет влияние рельефа местности на воздушную ударную волну, состоит в том, что волна, набегающая на передний скат холма, обычно нерегулярно отражается от этого ската, как показано на рис. 35. Вдоль ската движется новая головная волна, более сильная, чем та, которая подошла к подошве холма. Усиление, получаемое при этом, обычно колеб-

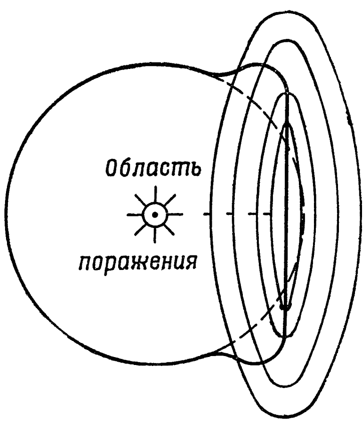


Рис. 34. Изменение области поражения при наличии типового рельефа местности (холм показан горизонталями)

лется в пределах от двукратного повышения избыточного давления на склонах с крутизной 35—45° и более до повышения на несколько процентов при углах откоса 5—10°.

Необходимо отметить, что наибольшее усиление ударной волны получается на откосе с крутизной, нарастающей от подошвы к вершине. Если при приближении к вершине крутизна откоса начинает уменьшаться, то это приводит к уменьшению давления на фронте волны. Поэтому обычно переход от прямого ската к обратному,

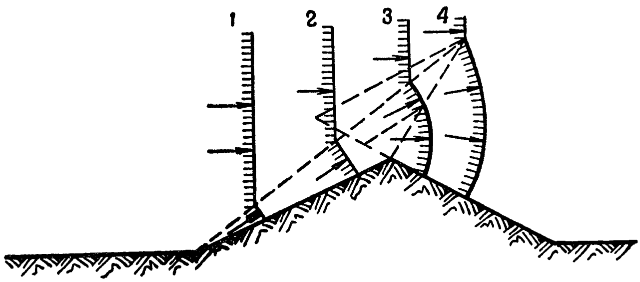


Рис. 35. Последовательные моменты (*1*, *2*, *3*, *4*) обтекания холма воздушной ударной волной

если он совершается плавно, сравнительно мало влияет на изменение давления ударной волны. Конечно, на обратном скате давление меньше, но это уменьшение может начаться и на прямом скате при уменьшении крутизны откоса.

Движение волны вдоль откоса показано схематически на том же рис. 35. Здесь следует обратить внимание на то, как волна обтекает вершину холма, постепенно заходя на обратный скат. При этом на некоторой высоте над холмом наблюдается клинообразная область с усиленным действием волны.

Если за первым холмом имеется второй, то волна, спускающаяся с первого, встречает откос второго холма, приближаясь к нему иначе, чем к прямому скату первого холма. Это показано на рис. 36. В этом случае относительное увеличение давления при набегании волны на второй холм будет больше, чем при набегании на первый.

Во всех указанных случаях рельеф местности только тогда производит заметное действие, когда размеры от-

косов, складок и долин превосходят глубину сжатой зоны за фронтом воздушной ударной волны.

Таким образом, заметное влияние на воздушную ударную волну атомного взрыва могут оказать сравнительно крупные неровности местности.

Неровности местности также могут оказывать влияние на воздушную ударную волну потому, что в достаточно глубоких долинах направление и скорость ветра, а также и температура воздуха нередко сильно отличаются от того, что наблюдается в открытых местах.

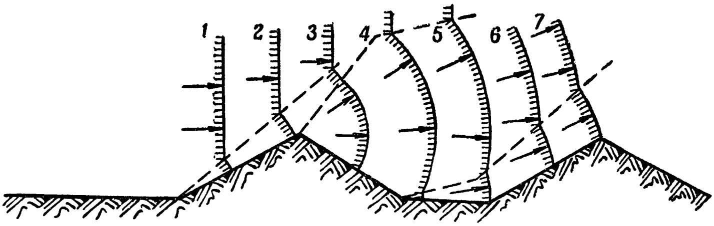


Рис. 36. Последовательные моменты (*1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*) обтекания двух холмов ударной волной

Следовательно, холмистая, среднепересеченная местность уменьшает зону поражения от атомного взрыва, особенно если холмы имеют высоту более 100 метров, а крутизна их скатов превышает примерно 10°. При этом на скатах, обращенных в сторону взрыва, где ударная волна встречает препятствие, создается более высокое давление, а следовательно, и ее разрушающее действие будет бо́льшим. На обратных же скатах образуется своеобразная «тень», в зоне которой действие взрывной волны понижено. Однако следует иметь в виду, что в лощинах и оврагах, направление которых совпадает с распространением ударной волны, возможно значительное местное увеличение давления.

В горной местности зона поражения может оказаться меньше, чем на равнине, а очертание ее вследствие разнообразия рельефа искаженным. В узких долинах, лощинах и ущельях, если они обращены своим входом в сторону взрыва, резкое увеличение давления ударной волны возможно еще в большей степени, чем на пересеченной местности. В горах возможны также обвалы, падение камней, снежные лавины, которые могут возникнуть

даже сравнительно далеко за пределами зоны поражения атомной бомбы. Взрыв атомной бомбы вблизи ущелья или в узкой долине реки с высокими обрывистыми берегами способен привести к обвалу, который может сопровождаться затоплением прилегающей местности.

6. Влияние метеорологических условий на распространение и действие воздушной ударной волны

При взрыве обычных авиабомб, снарядов и зарядов различного типа, когда вес взрывчатого вещества не превышает нескольких тонн, влияние погоды на действие воздушной ударной волны сравнительно невелико и его обычно не учитывают. Однако чем больше заряд и чем дальше передается его разрушающее действие, тем сильнее проявляется влияние погоды на его действие. Очевидно, при атомных и водородных взрывах такое влияние должно быть особенно значительным. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Влияние погоды на действие взрыва в основном зависит от двух обстоятельств: распределения температуры воздуха на различной высоте над поверхностью земли и распределения скоростей ветра по высоте над поверхностью земли.

Конечно, оба эти фактора влияют, как правило, одновременно и совместно. Однако для большей ясности целесообразно ознакомиться с ними в отдельности. Рассмотрим сначала влияние температуры.

Влияние температуры на распространение ударной волны. Как уже указывалось выше, скорость распространения ударной воздушной волны равна

$$D = c\sqrt{1 + 0{,}86\,\frac{\Delta p_ф}{p_0}}.$$

Величина c, стоящая перед корнем, представляет собою скорость звука в воздухе (в метрах в секунду).

Можно считать, что скорость распространения ударной волны прямо пропорциональна скорости распространения звука, так как в практически интересующих пределах изменения слагаемого $0{,}86 \cdot \frac{\Delta p_ф}{p_0}$ его влиянием в первом приближении можно пренебречь. В свою очередь

скорость звука зависит от температуры. Она прямо пропорциональна корню квадратному из абсолютной температуры. Как известно, абсолютная температура T отсчитывается от абсолютного нуля, лежащего на 273 градуса ниже нуля по общепринятой шкале температуры Цельсия, то есть $T = t + 273$, где T — абсолютная температура, t — температура по шкале Цельсия.

Можно считать, что скорость звука равна

$$V_{зв} = 332 \sqrt{\frac{273 + t}{273}} \text{ м/сек.}$$

Здесь 332 м/сек есть скорость звука при 0° С.

Если t изменяется в пределах от +60° до —60°, то можно с достаточной точностью вести расчет по такой формуле:

$$V_{зв} = 332 + 0{,}5t.$$

Таким образом, приводившееся выше значение скорости звука, равное 340 м, соответствует температуре, равной 15° С.

Обычно температура воздуха различна на разных высотах. Например, в жаркий летний полдень слой воздуха вблизи поверхности земли будет очень сильно нагрет. Такое явление чаще всего наблюдается летом в ясную малооблачную погоду. Наиболее ярко выражено это явление над пустынями и выжженными степями. Верхние слои воздуха здесь заметно холоднее, и на высоте в несколько километров температура значительно ниже 0° С.

В этом случае скорость звука, а следовательно, и скорость ударной волны, распространяющейся вдоль поверхности земли, будут заметно больше скорости звука и ударной волны, идущих вертикально вверх, что приведет к изменению формы фронта волны. Например, при наземном взрыве, как это было рассмотрено выше, в воздухе с постоянной температурой получается ударная волна, ограниченная поверхностью в форме полушара. Если же температура воздуха уменьшается с высотой, то полусферическая форма фронта волны изменится. Вдоль поверхности земли в нагретом воздухе волна уйдет сравнительно далеко; наоборот, наверху, в холодном воздухе, волна пройдет заметно меньшее расстояние. Получающееся в результате этого изменение формы

фронта волны показано на рис. 37. Здесь же, справа, показано и изменение температуры T с высотой.

Не очень сильные ударные волны распространяются по направлению, приблизительно перпендикулярному фронту волны. Поэтому изменение формы фронта должно привести к изменению направлений распространения волн. Это также показано на рис. 37. Из рисунка видно, что направления распространения волны под влиянием температуры искривляются вверх. Это приводит к тому, что основная часть энергии ударной волны удаляется

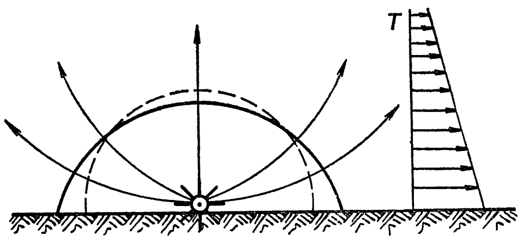


Рис. 37. Отклонение направления распространения ударной волны при наличии более теплого воздуха у поверхности земли

от поверхности земли и волна вблизи этой поверхности существенно ослабляется. Чем дальше уходит ударная волна от места взрыва, тем заметнее становится ее ослабление. На расстоянии 10—20 км можно при благоприятных условиях получить уменьшение избыточного давления, что может привести к уменьшению радиуса соответствующих разрушений, например выбивания стекол. Выбивание же стекол также может явиться серьезным способом поражения, так как вблизи окон в зданиях могут находиться люди.

Таким образом, можно считать, что в жаркий летний день, когда воздух сильно нагрет вблизи земли, действие воздушной ударной волны сильно ослабляется на расстояниях порядка 10 км и более, а это заметно снижает эффективность действия атомного взрыва.

Совершенно обратная картина получается тогда, когда имеется противоположное распределение температуры воздуха, показанное на рис. 38. Воздух вблизи поверхности земли сильно охлажден, а на высоте имеются более теплые массы воздуха. Здесь волна будет более

быстро распространяться вверх и более медленно у поверхности земли. Это приведет к такому изменению формы фронта ударной волны в воздухе, которое показано на рис. 38. Здесь видно искривление путей распространения волны вниз, в сторону поверхности земли. Мы имеем здесь картину прямо противоположную той, которую можно было видеть на рис. 37. При искривлении путей

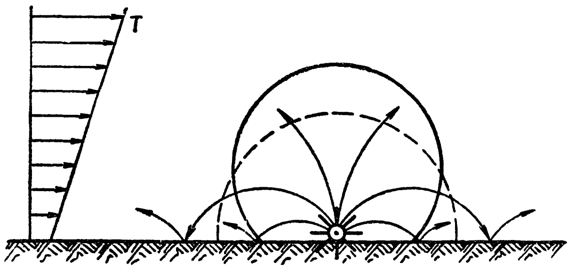


Рис. 38. Отклонение направления распространения ударной волны при наличии более холодного воздуха у поверхности земли

распространения ударной волны вниз в слое воздуха вблизи поверхности земли создается усиленное действие взрыва, а радиус разрушения может существенно увеличиться, если его первоначальная величина примерно равна 10 км и более.

Распределение температур воздуха, при котором наиболее холодные слои находятся внизу, вблизи поверхности земли, обычно наблюдается в ясные и холодные ночи, особенно на рассвете, когда бывают заморозки (весной и осенью), или при сильных морозах зимой. В этих условиях эффективность действия атомных и водородных бомб должна соответственно повыситься.

Влияние ветра на распространение ударной волны. Перейдем к выяснению влияния ветра на ударную волну. Иногда высказывают предположения, что ветер может усилить действие ударной волны потому, что давление ветра прибавляется к давлению ударной волны, если она распространяется в ту сторону, куда дует ветер. Если же волна идет против ветра, то она должна быть ослаблена. Эти соображения правильны, но они не отражают гораздо более сильного влияния ветра.

Дело состоит в следующем. Обычно скорость ветра на различной высоте над поверхностью земли бывает разной, причем в большинстве случаев вблизи земли скорость меньше, а при подъеме на высоту скорость возрастает (рис. 39). При таких условиях ветер будет в той или иной мере изменять форму фронта волны. Если при наземном взрыве в однородном и неподвижном воздухе фронт волны имеет форму правильного полушара, то при

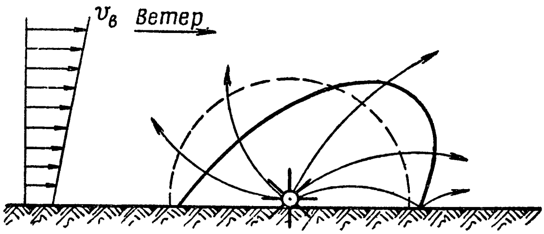


Рис. 39. Распространение ударной волны при наличии нарастающего по высоте ветра

наличии нарастающего с высотой ветра фронт волны окажется как бы перекошенным в сторону, куда направлен ветер. Это и показано на рис. 39.

Искривление фронта волны, так же как и при влиянии температуры на волну, приводит к искривлению путей распространения волны. Особенностью влияния ветра при этом является резкое различие в форме путей распространения волны со стороны, откуда дует ветер, и со стороны, куда он дует (рис. 39). С той стороны, откуда направлен ветер, ударная волна отклоняется вверх и отрывается от поверхности земли. Наоборот, в противоположном направлении искривление волны приводит к усилению ее действия. В результате этого может оказаться, что в направлении ветра действие взрыва будет передаваться на расстояние, в несколько раз большее, чем без ветра. Наоборот, в направлении против ветра это расстояние будет уменьшено в несколько раз. В целом получается, что область разрушающего действия взрыва при ветре увеличивается и смещается.

Ветер и переменная температура при совместном действии могут оказать еще более сильное влияние на действие ударной волны. Например, если после большого заморозка подует над поверхностью холодной земли силь-

ный, нарастающий с высотой ветер, то увеличение действия взрыва по направлению, куда дует ветер, будет особенно значительным. Наоборот, в летний жаркий день действие ветра, усиливающее воздушную ударную волну, должно проявляться гораздо слабее. Все эти особенности будут проявляться тем сильнее, чем больше калибр ядерного заряда.

7. Ударные волны в плотных средах

Ударные волны в воде при подводном ядерном взрыве. При действии ядерным оружием против кораблей, портовых и гидротехнических сооружений и т. д. весьма эффективным может оказаться подводный взрыв. Такой взрыв имеет существенные отличия от взрыва в воздухе. Если заряд погружен в воду на глубину не менее 15—25 м (в зависимости от калибра), то световое и проникающее излучения взрыва не вырываются из воды наружу и поглощаются массой воды. За счет поглощенной энергии происходит образование больших масс водяного пара, который быстро расширяется, частично выбрасывает вверх громадный столб воды высотой более километра, а частично отдает свою энергию на образование в воде мощной ударной волны. Ударная волна в воде, принцип образования которой примерно такой же, как в воздухе, качественно напоминает ударную волну в воздухе. Эта волна снаружи ограничена резким скачком уплотнения (фронтом волны). На фронте волны давление воды оказывается наибольшим. Далее, за фронтом, оно постепенно снижается, доходит до нормального и несколько снижается даже ниже нормального.

Скорость распространения ударной волны в воде более постоянна, чем в воздухе, и довольно велика. Она практически совпадает со скоростью распространения звука в воде (примерно 1500 м/сек).

На одном и том же расстоянии давление на фронте ударной волны в воде гораздо больше, чем в воздухе. Это обусловлено прежде всего значительной плотностью воды и малой ее сжимаемостью.

Характерной особенностью ударной волны в воде является то, что, встречая неподвижную преграду на пути дальнейшего распространения волны, она весьма мало повышает свое давление. Это обусловлено тем, что ско-

рость движения воды за фронтом ударной волны очень невелика, так как вода мало сжимаема и поэтому ей почти некуда перемещаться при распространении ударной волны.

Время действия избыточного давления в воде примерно в 130 раз меньше, чем в воздухе. Глубина ударной волны сравнительно невелика. Эта глубина зависит от заглубления атомного заряда в воду, которое он имел в момент взрыва. Действительно, если взрыв ядерного заряда произошел на сравнительно небольшой глубине, то ударная водяная волна, идущая вверх, очень быстро достигает поверхности воды. Здесь давление на фронте ударной волны приводит к весьма быстрому отрыву поверхностного слоя воды от остальной ее массы. Этот слой разбивается на мелкие брызги, которые с большой силой выбрасываются вверх. Находящиеся ниже слои воды как бы вскипают и превращаются в пену. Все это приводит почти к мгновенному исчезновению избыточного давления. У поверхности воды возникает волна разрежения, которая начинает двигаться вниз, в глубь воды, со скоростью, равной скорости звука в воде. Так как волна разрежения распространяется в воде, дополнительно уплотненной волной сжатия, то волна разрежения догоняет волну сжатия и частично входит в сжатую зону воды и здесь снимает избыточное давление. Взаимодействие волны сжатия и волны разрежения показано на рис. 40.

Необходимо при рассмотрении этого рисунка учесть, что волна разрежения имеет такой же сферический фронт, как и волна сжатия. Однако центр, из которого следует строить окружность, изображающую фронт волны разрежения, смещен вверх относительно центра взрыва. Центр волны разрежения находится на такой высоте над поверхностью воды, которая равна глубине погружения заряда в воду. У самой поверхности воды ширина сжатой зоны равна нулю, а глубже эта ширина увеличивается и наконец на определенной глубине доходит до первоначальной своей величины.

Волна разрежения уменьшает разрушения от подводного взрыва, и весьма заметно. Это явление выражается тем сильнее, чем меньше глубина погружения заряда в воду. Поэтому в мелких водоемах с прочным дном, когда ядерный заряд в большинстве случаев не сможет проник-

нуть в глубь массива породы, образующей дно, разрушения при атомном взрыве будут меньше, чем при более значительной глубине воды. Таким образом, мелководье даже с учетом отражения ударной волны от дна (в допускаемых пределах) является средством защиты кораблей, портовых сооружений и других объектов, соприкасающихся с водой или находящихся в воде. В иностранной

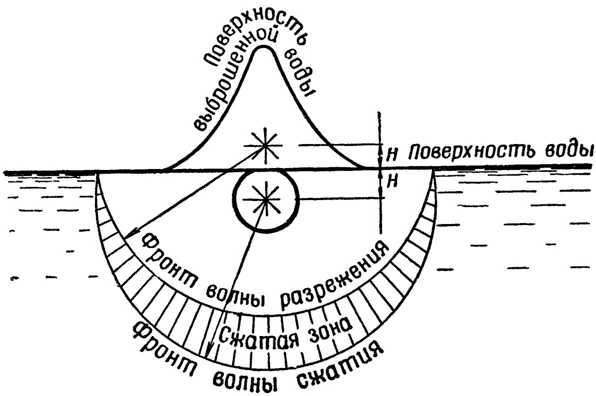


Рис. 40. Волна сжатия и волна разрежения при подводном взрыве

печати указывается, что еще лучшей защитой особо ответственных объектов (например, мощных плотин, крупных гидростанций) может явиться покрытие поверхности воды плотами или понтонами со сплошным слоем камня, то есть «бронирование» поверхности воды, чтобы ядерная ракета или бомба взрывалась на поверхности воды или на минимальной глубине.

Взрывные волны в грунте. Взрывные волны в грунте получаются тогда, когда на поверхности земли или на некоторой глубине происходит взрыв. В этих случаях взрыв непосредственно действует на массу грунта и вызывает в нем перемещение частиц и повышение давления примерно так же, как и при взрыве в воде.

Имеется и другой путь возникновения взрывных волн в грунте. На поверхность земли может подействовать воздушная ударная волна или ударная волна взрыва в воде. Под этим воздействием в грунте также возникает ударная волна, причем на его поверхности давление

ударной волны равно давлению в ударной волне в воздухе или в воде. При дальнейшем распространении через грунт взрывная волна сильно видоизменяется, давление в ней заметно уменьшается, а время сильно возрастает.

Это вызывается следующими обстоятельствами. Обычно грунты такого вида, как песок, глина, супесь и т. д., имеют определенную структуру. Частицы в грунтах находятся в определенном положении, и при воздействии на грунт какой-либо силы происходит прежде всего некоторое сжатие и небольшое перемещение частиц относительно друг друга. Однако при этом структура грунта сохраняется. Если сила, воздействующая на грунт, возрастает, то наступает такое смещение частиц, когда они теряют свое первоначальное положение. Структура грунта разрушается, происходит значительное его уплотнение и создается новая, более плотная структура грунта, которая обычно может выдержать очень большие нагрузки без ее дальнейшего разрушения.

Описанные изменения грунта при воздействии на него тех или иных нагрузок происходят также и при прохождении через грунт взрывной волны. При этом наиболее быстро через грунт передаются небольшие избыточные давления. Это происходит потому, что при небольших избыточных давлениях структура грунта не разрушается и оказывается способной передавать смещения и нагрузки с большой скоростью. Более значительные нагрузки, вызывающие разрушение структуры грунта и сильное его сжатие, передаются через него медленно. Поэтому большие избыточные давления распространяются в грунте обычно медленнее, чем малые избыточные давления. В этом отношении мягкие грунты резко отличаются от воздуха или воды, где наблюдается обратное: чем больше избыточное давление, тем оно быстрее распространяется.

Вследствие этого распределение избыточного давления во взрывной волне в грунте существенно отличается от распределения избыточного давления в воздухе и в воде. Это показано схематически на рис. 41, где приведены графики изменения избыточного давления с течением времени в воздушной ударной волне, воздействующей на грунт, и во взрывной волне на различной глубине внутри грунта. Поскольку начальные малые сжатия перемещаются быстрее более сильных, то максимальные

давления все более и более отодвигаются назад и уменьшаются, а волна все более и более растягивается. Эти особенности взрывной волны в грунтах не позволяют такую волну называть ударной потому, что обычно ударной волной считают такую, у которой в начале ее действия избыточное давление скачкообразно возрастает до наибольшего его значения и пик давления сдвигается вперед к фронту волны.

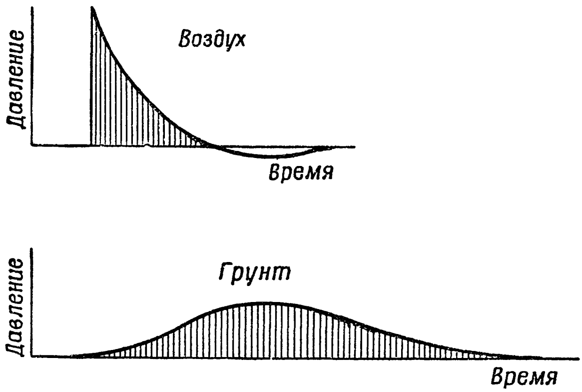


Рис. 41. Изменение давления в воздухе и в грунте при взрыве

Увеличение длительности действия взрывной волны, замедление роста избыточного давления и снижение наибольшего давления взрывной волны приводят к снижению разрушающего действия.

Вследствие этого сооружения, заглубленные в грунты даже всего на несколько метров, оказываются обычно хорошо защищенными от действия взрыва, происходящего в воздухе.

Несколько иначе происходит действие взрыва, если заряд взрывается внутри грунта и при этом на достаточной глубине.

В таких условиях основная часть всей энергии взрыва передается окружающей массе грунта и производит мощное сотрясение грунта, напоминающее по своему действию землетрясение.

Поэтому взрывные волны и их разрушающее действие

называют сейсмическими, а соответствующую величину R радиусом сейсмического действия.

Сейсмическое действие ядерного взрыва в мягких грунтах оказывается весьма значительным, особенно при сильном их увлажнении, в частности при высоком положении уровня грунтовых вод, и простирается на расстояние, превосходящее расстояние соответствующего разрушающего действия воздушной ударной волны.

Значение радиуса сейсмического действия в скальных породах в несколько раз меньше. Однако это справедливо для зоны сравнительно сильного действия. На более значительных расстояниях, наоборот, сейсмическое действие интенсивнее затухает в мягких грунтах и передается с меньшим ослаблением в скальной породе.

На сравнительно небольших расстояниях от центра подземного взрыва порода получает столь значительную скорость, что выбрасывается на значительное расстояние и в грунте образуется воронка.

Выбрасываемый в значительных количествах из воронки грунт может лететь на большие расстояния и наносить своим ударом поражения людям, зданиям и технике или просто засыпать их. Воздушная ударная волна при таких условиях направлена в основном вверх, и разрушения, производимые ею вблизи поверхности земли, должны быть сравнительно небольшими.

8. Поражающее действие ударной волны

Воздействие ударной волны на людей. Характер и степень поражения людей при ядерном взрыве зависят от условий, в которых они находились в момент взрыва: расстояния от центра взрыва, положения в момент взрыва, степени защиты и пр. Воздействуя на незащищенного человека, ударная волна способна нанести различные травмы, в основном такого же характера, как и при взрыве обычных снарядов и бомб, снаряженных, например, тротилом. Однако зона поражения при ядерном взрыве будет гораздо больше, чем при взрыве обычных боеприпасов.

Ударная волна ядерного взрыва оказывает на людей и животных непосредственное (прямое), а также косвенное воздействие, когда они поражаются летящими и

падающими обломками разрушаемых зданий и сооружений.

При непосредственном воздействии ударная волна может причинить смертельные повреждения человеческому организму только тогда, когда избыточное давление во фронте ударной волны будет достигать определенной величины.

В этом случае действие ударной волны на человека приводит к повреждениям легких, барабанных перепонок, вызывает внутреннее кровоизлияние. При атомной бомбардировке американцами японских городов Хиросима и Нагасаки установлены случаи смертельных ранений людей в результате прямого воздействия ударной волны на расстоянии до 800 м от эпицентра взрыва. На этом расстоянии давление во фронте волны составляло 1,2—1,3 кг/см².

Однако при взрыве ядерных бомб над японскими городами непосредственное воздействие ударной волны на людей не являлось основной причиной их гибели и ранения. Основную роль играло косвенное воздействие ударной волны, то есть поражения под влиянием вторичных факторов: обрушивающихся зданий, обломков и бревен, увлекаемых ударной волной, летящих предметов. Косвенное воздействие являлось причиной ранений и повреждений весьма различного характера — от незначительных (царапин, ушибов) до смертельных. Косвенное воздействие ударной волны приводило к поражению людей на значительных расстояниях. В Хиросиме и Нагасаки отмечены случаи ранения людей обломками зданий на расстоянии до 3200 и 3700 м от эпицентра взрыва, а тяжелые ранения — на расстоянии до 2000 м. В результате косвенного воздействия ударной волны в Хиросиме и Нагасаки больше всего жертв было отмечено среди людей, находившихся в помещениях, в которых вероятность поражения обломками разрушаемых зданий была наибольшей.

Травмы, возникающие под действием ударной волны, принято подразделять на легкие, средние, тяжелые и крайне тяжелые.

Легкие травмы возникают при избыточном давлении в ударной волне 0,2—0,4 кг/см² и известны при воздушном взрыве атомной бомбы среднего калибра на расстояниях до 2,5 км. Они обычно характеризуются временными

повреждениями слуха, общей легкой контузией, ушибами, вывихами конечностей.

Травмы средней тяжести возникают при давлении ударной волны приблизительно 0,5 кг/см^2 и наблюдаются на расстояниях до 2 км от места взрыва бомбы среднего калибра. При этих травмах может быть серьезная контузия всего организма, повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей, переломы и сильные вывихи конечностей.

Тяжелые травмы возникают при давлении ударной волны свыше 0,5 кг/см^2 и известны на расстоянии до 1,5 км от места взрыва бомбы среднего калибра. Для них характерны сильная контузия всего организма, сильное кровотечение из носа и ушей и тяжелые переломы конечностей [1].

При давлениях свыше 1 кг/см^2 образуются травмы крайне тяжелой степени.

Среди пострадавших в Хиросиме и Нагасаки приблизительно 70% имели открытые раны (порезы и рваные раны); ушибы (контузии) и переломы — 10—20%. Причиной более 60% открытых ранений были летящие предметы: осколки стекла, обломки строений, а свыше 50% ушибов было вызвано обломками обрушивающихся зданий. Повреждения, причиненные летящими предметами и обломками обрушивающихся зданий, составили 70—80% всех травм [2].

По данным иностранной печати, в Хиросиме до 50% смертельных случаев было вызвано воздействием ударной волны. Следует заметить, что в некоторых случаях действие ударной волны на людей оказывалось различным даже на одинаковых расстояниях от эпицентра взрыва. Причина заключается в том, что условия распространения ударной волны не везде одинаковы. На ее распространении сказывается экранирующее влияние различных местных предметов, например зданий, а также рельефа местности: холмов, возвышенностей и т. д. Приведем несколько характерных случаев прямого воздействия ударной волны при атомных взрывах в Хиросиме и Нагасаки. Люди, например, которые во время взрыва на-

[1] «The Effects of Atomic Weapons», New York, 1950.

[2] X. Мацуда, К. Халси. Ядерное оружие и человек. Перевод с японского. Издательство иностранной литературы, 1959.

ходились на дамбе на расстоянии 800 м от эпицентра взрыва, были сброшены в реку. Человек, находившийся на удалении 1200 м от эпицентра взрыва, был отброшен на 10 м, а находившийся на удалении в 2000 м от эпицентра, был повален на землю. У людей, находившихся на горе в 9000 м от эпицентра взрыва, слетели головные уборы. Таково прямое воздействие ударной волны при взрыве ядерной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т.

Отметим также, что в населенных пунктах от воздействия ударной волны могут возникнуть пожары, причиной которых будут разрушения печей и повреждения газовых и электрических сетей. Пожары в свою очередь могут стать причиной поражения людей.

Воздействие ударной волны на различные сооружения и объекты. Разрушающее действие воздушной ударной волны вызывается тем, что она, встречая на своем пути какое-либо препятствие, производит на него значительное давление. Если, например, воздушная ударная волна встречает на своем пути дом, то она производит прежде всего удар по той стене дома, к которой она подошла. Движущиеся массы воздуха производят давление на стенку, во-первых, потому, что этот воздух сильно сжат, и, во-вторых, потому, что его перемещение задерживается стеной и энергия движения переходит в энергию давления, которое соответственно повышается. По краям стены уплотненная масса воздуха немедленно после своего образования начинает обтекать стену. Область, в пределах которой воздух вовлечен в движение обтекания, быстро увеличивается, и через небольшой промежуток времени почти вся масса уплотненного при ударе о стену воздуха оказывается вовлеченной в движение обтекания преграды.

Вследствие того, что наступает обтекание, первоначальная сила, действующая на дом, уменьшается. Это уменьшение прежде всего связано с тем, что снижается давление в массах воздуха, уплотненных волной у передней стены здания. Кроме того, как показано на рис. 42, волна, обтекая здание, оказывает давление на него сзади и с боков, а также, проникая внутрь здания через окна и двери, повышает давление воздуха внутри здания.

Характерным разрушением, производимым воздушной ударной волной, является выбивание стекол, которое про-

исходит при избыточных давлениях, равных нескольким сотым долям килограмма на квадратный сантиметр. В этом случае оконное стекло размером, например, $0,5 \times 0,5$ м, то есть с площадью 0,25 $м^2$, получает нагрузку не менее 25 кг. Этой силы, конечно, вполне достаточно для разрушения стекла. Необходимо заметить, что длительно действующее избыточное давление ударной

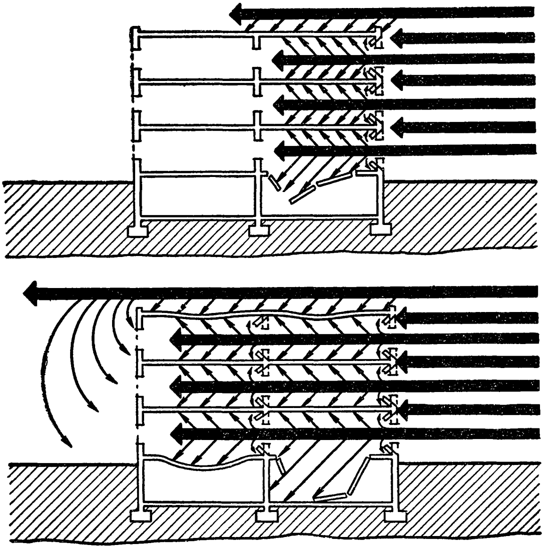


Рис. 42. Обтекание и проникание ударной волны в здание

волны способно бросить осколки выбитых стекол внутрь здания с такой силой, что эти осколки могут нанести тяжелые поражения людям внутри здания.

Подземные укрытия с перекрытиями, не выступающими над поверхностью земли, испытывают примерно такое же удельное давление, как и сама поверхность земли. Если волна идет вдоль поверхности земли, то есть если мы имеем дело с ударной волной наземного взрыва или головной волной, полученной в результате нерегулярного отражения при воздушном взрыве, то давление на поверхность перекрытия будет равно избыточному давлению воздуха на фронте волны.

Избыточные давления в несколько килограммов на

квадратный сантиметр или несколько десятков тонн на квадратный метр могут быть восприняты обычными дерево-земляными укрытиями полевой фортификации и убежищами МПВО.

Убежища из монолитного железобетона или железобетонных элементов могут выдержать действие воздушного взрыва атомной бомбы среднего калибра в любой точке, в частности даже в эпицентре, то есть непосредственно под местом взрыва. Это справедливо, если высота точки взрыва над поверхностью земли составляет не менее 300 м.

Рассмотрим действие ударной волны при взрыве заряда с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т. Значительные разрушения в Хиросиме и Нагасаки были вызваны главным образом воздействием мощной ударной волны атомных взрывов. Степень повреждения зданий, их устойчивость при атомном взрыве зависит в первую очередь от мощности взрыва, а также от типа, прочности конструкции, размеров здания, материалов, из которых они построены, положения здания среди местных предметов и расположения его на местности и, наконец, от расстояния до места атомного взрыва.

Одноэтажные бетонные здания (заводские корпуса) в Хиросиме получили сильные повреждения на расстоянии до 1600 м от эпицентра взрыва. Многоэтажные здания с железобетонным каркасом, а также промышленные здания со стальным каркасом были полностью разрушены на расстоянии до 700 м, а серьезные повреждения такие здания получили на расстоянии до 1500 м от эпицентра взрыва.

Бескаркасные кирпичные здания разрушаются на бóльших расстояниях, чем каркасные или железобетонные здания. Кирпичные многоэтажные бескаркасные здания полностью разрушаются на расстоянии до 1600 м от эпицентра взрыва. Жилые легкие каркасные деревянные дома (малопрочные) разрушаются на расстоянии до 4000 м от эпицентра взрыва.

Радиусы зон разрушения[1] зданий и повреждения боевой техники приведены на рис. 43.

При воздушном взрыве ядерного заряда с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т. (высота взрыва $H = 600$ м)

[1] Противоатомная защита (перевод с английского). Издательство иностранной литературы. Москва, 1958.

тяжелые повреждения могут получить танки, находящиеся на расстоянии до 200 м от эпицентра взрыва, радиолокаторы — на расстоянии до 1200 м, самолеты, находящиеся на земле, — на расстоянии до 1600 м. Разрушение остекления может быть на расстояниях до 8—12 км от места взрыва.

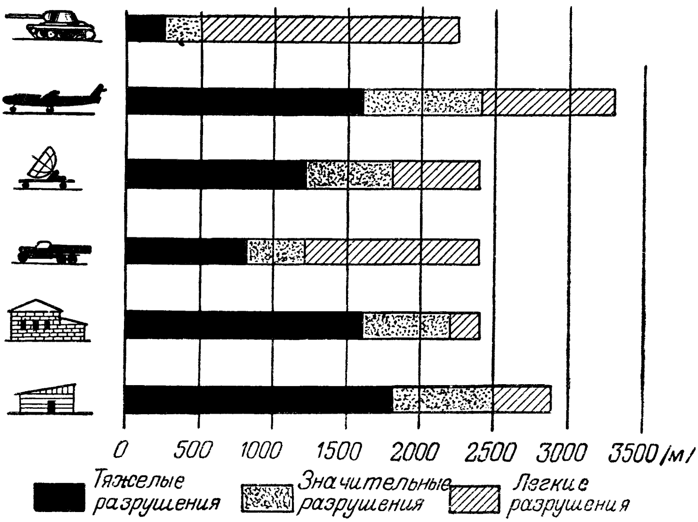


Рис. 43. Радиусы зон разрушения зданий и повреждения боевой техники при воздушном взрыве атомной бомбы (q = 20 тыс. т)

Поражение военных кораблей различных классов характеризуется следующими ориентировочными данными. Вывод корабля из строя или очень тяжелые повреждения могут быть на расстояниях до 800—1000 м от центра взрыва заряда среднего калибра; сильные повреждения надстроек, котлов и оборудования — на 1000—1200 м, средние повреждения — до 1350 м и легкие — до 1650 м. Понятно, что степень поражения во многом зависит от класса корабля. Условия взрыва (глубина водоема, глубина взрыва и пр.) также влияют на величину радиуса поражения.

С ростом калибра ядерного заряда радиус поражения ударной волной растет пропорционально не калибру

бомбы, а корню кубическому из энергии взрыва. Так, если мощность одной бомбы в 1000 раз больше другой, то радиус поражения ударной волны первой бомбы больше соответствующего радиуса второй в $\sqrt[3]{1000}$, то есть в 10 раз.

Интересно отметить, что с ростом калибра ядерного заряда эффективность ее вообще падает (если принять за показатель эффективности площадь поражения, приходящуюся на единицу тротилового эквивалента). Действительно, суммарная площадь поражения S ударной волной атомного взрыва пропорциональна тротиловому эквиваленту q в степени $^2/_3$, что можно записать так:

$$S = aq^{2/3},$$

где а — коэффициент пропорциональности.

Удельная же площадь поражения S_1, приходящаяся на единицу тротилового эквивалента q, может быть выражена так:

$$S_1 = \frac{S}{q} = \frac{aq^{2/3}}{q} = \frac{a}{q^{1/3}}.$$

Следовательно, с ростом калибра ядерного заряда удельная площадь поражения уменьшается пропорционально корню кубическому из тротилового эквивалента.

Рассмотрим такой пример. Пусть суммарная площадь поражения заряда с тротиловым эквивалентом $q = 20$ тыс. т составляет 3 км². Тогда удельная площадь поражения будет

$$S_1 = \frac{3\,000\,000}{20\,000\,000} = 0{,}15 \text{ м}^2/\text{кг}.$$

Для заряда же с $q = 100$ тыс. т радиус поражения ударной волны увеличивается в $\sqrt[3]{\frac{100\,000}{20\,000}} = \sqrt[3]{5}$, а суммарная площадь поражения возрастет в $\left(\sqrt[3]{5}\right)^2$ и будет в данном случае равна $3 \cdot \left(\sqrt[3]{5}\right)^2 = 8{,}79$ км². Однако удельная площадь поражения составит

$$\frac{8\,790\,000}{100\,000\,000} = 0{,}0879 \text{ м}^2/\text{кг},$$

то есть с ростом калибра в пять раз удельная площадь поражения уменьшилась в $\sqrt[3]{5}$.

Ударная волна ядерного взрыва, кроме механического поражения объектов, может вызвать пожары. Вследствие действия ударной волны разрушаются угольные или дровяные печи, происходит короткое замыкание электропроводок, разрываются газопроводы и т. п. На промышленных предприятиях происходит разрушение печей, котлов, обвал зданий. В результате перечисленных причин могут возникать пожары, которые являются следствием воздействия ударной волны.

Ударная волна способствует также и распространению пожаров. Она выбивает оконные стекла, срывает противопожарные перегородки, разрушает стены и перекрытия крыш, сбивает штукатурку с деревянных стен и потолков, разрушает двери, лестничные клетки, полы и т. д. Через разбитые окна и другие проемы могут залетать горящие обломки от соседних зданий, что способствует распространению огня даже внутри огнестойких зданий. Воспламеняющиеся материалы могут перебрасываться ударной волной через дворы и улицы.

Однако следует заметить, что разрушение зданий, вызванное ударной волной, может также и, наоборот, препятствовать распространению пожаров. Здания с воспламеняющимися каркасами, обрушившись под действием ударной волны, горят не так быстро, ибо негорючие обломки, образованные взрывной волной, могут засыпать воспламеняющиеся материалы и препятствовать их горению.

Другими факторами, способствующими распространению пожаров, являются также возможное повреждение водоснабжения поражаемого объекта, а также вывод из строя части или полностью противопожарной службы. Так, например, в Хиросиме и Нагасаки серьезные повреждения получили распределительная водопроводная сеть и магистрали, что привело к утечке воды и падению напора. Большая часть водопроводных магистралей, проходивших на поверхности земли, была разрушена падающими обломками зданий. Крупная водопроводная магистраль в Нагасаки, находившаяся под землей на глубине около одного метра, была разрушена вследствие неравномерного смещения почвы под давлением ударной

волны. Такая же магистраль в Хиросиме была разрушена вследствие разрушения моста, по которому она проходила. В Хиросиме около 70% противопожарного оборудования было погребено под обломками обрушившихся зданий, не говоря уже о том, что около 80% личного состава противопожарной службы не могли выполнять своих функций. Однако даже если бы люди и оборудование не пострадали от ударной волны, то ко многим очагам пожаров невозможно было бы добраться вследствие завала улиц обломками зданий.

ГЛАВА III

СВЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

1. Источник светового излучения ядерного взрыва

Как уже отмечалось, при воздушном ядерном взрыве примерно одна треть высвобождающейся энергии выделяется в виде светового излучения (точнее, лучистой энергии), остальная часть — в форме энергии ударной волны, радиоактивных излучений и тепловой энергии, уносимой нагретым облаком.

Например, при ядерном заряде с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т в форме светового излучения выделяется примерно 7 млрд. больших калорий. Таким количеством тепла можно нагреть 70 тыс. т воды от нуля градусов до температуры кипения.

Источником светового излучения при ядерном взрыве является светящаяся область в виде сферы (при воздушном взрыве) или полусферы (при наземном взрыве).

Огненный шар, образующийся при ядерном взрыве, во многих отношениях напоминает солнце. В обоих случаях излучение состоит из ультрафиолетовых лучей со сравнительно короткой длиной волны, видимого излучения, имеющего более длинную волну и инфракрасного излучения, длина волны которого еще больше. Световым излучением ядерного взрыва называют совокупность видимого света и близкого к нему излучения в ультрафиолетовой и инфракрасной частях спектра.

Так же как и солнце, светящаяся область при ядерных взрывах представляет собой раскаленный газ, нагретый до очень высокой температуры энергией, выделившейся при ядерной реакции. Он состоит из испарившихся материалов самого ядерного заряда, продуктов деления

атомного заряда и воздуха, примыкающего к месту ядерного взрыва. Отличие светящейся области от солнца состоит в том, что на солнце ядерная реакция идет непрерывно, поэтому солнце излучает световую энергию вот уже в течение более четырех миллиардов лет. Кроме того, так как ядерная реакция внутри солнца идет непрерывно, то температура поверхности солнца остается все время постоянной и равной около 6000°.

При любом ядерном взрыве светящаяся область, являясь также следствием ядерной реакции, имеет переменные размеры и температуру поверхности; размеры ее после взрыва с течением времени увеличиваются до определенной величины, а температура поверхности уменьшается. Более подробно об этом будет сказано ниже.

Световое излучение, распространяясь (со скоростью 300 тыс. км/сек) на большие расстояния от места взрыва, поглощается различными телами и почти полностью переходит в тепло. В результате этого освещаемые тела нагреваются. Нагревание поверхностей различных тел до высоких температур и обусловливает поражающее действие светового излучения атомного взрыва. Световое излучение способно вызывать ожоги, воспламенять различные материалы и даже оплавлять металлы.

Известно, что взрыв обычных боеприпасов (бомб, мин, снарядов) также сопровождается световым излучением, но оно существенно отличается от светового излучения атомного взрыва. Различие между обычным и атомным взрывом состоит в том, что светящаяся область при обычном взрыве занимает малый объем, а сама вспышка длится короткое время (тысячные доли секунды), поэтому поражение световым излучением при этом не наблюдается.

Совершенно другая картина наблюдается при атомном взрыве.

При ядерном взрыве причиной разрушения сооружений и поражения людей является главным образом ударная волна. Однако световое излучение может значительно усилить действие взрыва, вызывая ожоги у людей и животных, являясь причиной пожаров на местности, нанося ущерб боевой технике и воспламеняя постройки. Вот почему световое излучение ядерного взрыва является одним из поражающих факторов атомного взрыва.

Свет по своей природе представляет собой, как известно, электромагнитные волны определенной длины волны. Он испускается атомами и молекулами различных веществ при их возбуждении.

Возбуждение атомов какого-либо вещества можно произвести его нагреванием. Известно, что нагретые тела светятся; это объясняется тем, что атомы в молекулах, а молекулы в телах находятся в постоянном движении. Движение является неотъемлемым свойством всех частиц вещества, всей материи, из которой состоит вселенная. Скоростью движения молекул определяется и температура тела. Нагревая или охлаждая какое-либо тело, мы тем самым ускоряем или замедляем движение его частиц. Впервые эту мысль высказал великий русский ученый М. В. Ломоносов. Двигаясь, частицы постоянно сталкиваются друг с другом. Если температура тела невысока, эти столкновения не нарушают порядка в расположении электронов вокруг атома. Но что получится, если нить лампочки нагреть до температуры, близкой к 1000°? При такой температуре атомы вольфрама движутся гораздо быстрее и при столкновениях испытывают сильные толчки. Эти толчки не проходят уже бесследно для атома; внешние электроны приобретают избыточную энергию и переходят с ближней орбиты на дальнюю, атом «возбуждается». При переходе из возбужденного состояния в нормальное излучается свет определенной длины волны (частоты).

Опыт показывает, что энергия атома не может изменяться непрерывно, принимать все возможные значения. Она изменяется скачками на определенные конечные порции, различные для разных атомов.

Отсюда следует, что энергия атома не может быть любой, а может принимать только некоторые избранные значения, характерные для каждого атома. А это значит, что каждый атом будет излучать свет определенных частот (длин волн).

Однако почему спектр раскаленных твердых и жидких тел, а также газообразных, находящихся под большим давлением, является сплошным, то есть энергия излучается на волнах различных длин — инфракрасной и ультрафиолетовой частей спектра? Это объясняется тем, что любое тело состоит из огромного числа атомов, находящихся в различных энергетических состояниях и в раз-

личных условиях взаимодействия друг с другом. Поэтому разные атомы испускают свет разной длины волны. В силу этого тела излучают электромагнитные колебания в широком диапазоне длин волн.

Распределение энергии излучения по длинам волн, то есть спектральный состав излучения, а также общее количество излучаемой энергии определяются в основном температурой тела. Чем выше температура, тем больше энергии приходится на ультрафиолетовую часть спектра, а также тем больше общее количество излучаемой энергии.

Раскаленные тела излучают световые колебания с длинами волн от тысячных долей микрона [1] (ультрафиолетовые лучи) до тысяч микронов (инфракрасные лучи). Из всего этого большого диапазона длин световых волн только небольшую часть может воспринимать глаз человека. Излучения с более короткими (ультрафиолетовые излучения) и более длинными (инфракрасные излучения) волнами могут быть обнаружены с помощью специальных приборов. Известные в настоящее время электромагнитные излучения можно расположить по длинам волн или по частотам в шкалу электромагнитных волн (рис. 44). Шкала, как видно из рис. 44, разделена на несколько областей. Следует иметь в виду, что это деление условное (относительное) и не совсем строгое. Оно основано главным образом на методах получения или обнаружения (проявления) излучений.

Способы получения электромагнитных волн весьма разнообразны. Волны, начиная от радиоволн до инфракрасных лучей, можно получить чисто электрическими способами (с помощью колебательных контуров).

Однако в большей части инфракрасной области длины волн слишком малы, чтобы их генерировать с помощью электрических колебательных контуров, и основной спектр инфракрасного излучения получается при излучении нагретыми телами. Поэтому инфракрасное излучение часто называют тепловым. Оно занимает область спектра примерно от 0,76 микрона до нескольких сот микрон, лежащую между красными лучами видимой части спектра и ультракороткими радиоволнами. При повышении температуры нагретого тела возникает излучение,

[1] Микрон — одна тысячная доля миллиметра.

соответствующее видимой части спектра. Из рисунка 44 видно, что из всего спектра электромагнитных волн часть, занимаемая видимым светом, очень мала. Этой части соответствует диапазон электромагнитных волн, лежащих между 0,4 и 0,76 микрона.

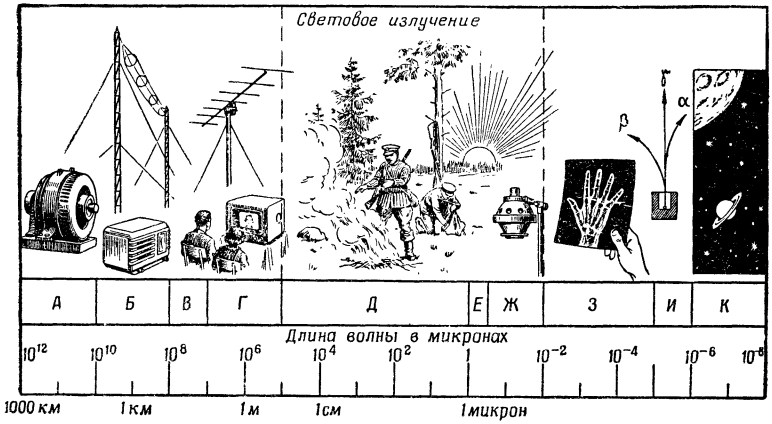


Рис. 44. Общий спектр электромагнитных волн

А — излучение генераторов переменного тока; *Б* — область радиовещания; *В* — короткие радиоволны; *Г* — ультракороткие радиоволны; *Д* — инфракрасное излучение; *Е* — видимый свет; *Ж* — ультрафиолетовое излучение; *З* — рентгеновские лучи; *И* — гамма-лучи; *К* — космические лучи

Свет, возникающий при горении электрической дуги или в кварцевых и ртутных лампах, содержит как видимые, так и ультрафиолетовые лучи. Ультрафиолетовые лучи, перекрываются с рентгеновскими лучами.

Рентгеновские лучи получаются в рентгеновских трубках при бомбардировке мишеней из тяжелых элементов (вольфрам, молибден) электронами, движущимися с большими скоростями.

Гамма-лучи излучаются ядрами атомов при ядерных реакциях. Космические лучи также порождаются процессами, происходящими в ядрах атомов. Волны одной и той же длины можно получить большим числом различных способов. Например, гамма-лучи, как известно, испускаются ядрами атомов, но электромагнитные излучения такой же длины волны могут быть получены в рентгеновских трубках.

Увеличение скорости бомбардирующих электронов приводит к увеличению частоты (уменьшению длины волны), и рентгеновские лучи переходят в область гамма-лучей. Второй пример: ультрафиолетовое излучение с длиной волны 10^{-6} см возникает при газовом разряде. Это же излучение можно получить и в рентгеновской трубке.

Следует заметить, что излучения одной и той же длины волны, но полученные различными способами, имеют одни и те же свойства, так как все они имеют одинаковую природу — электромагнитную. Свойства излучений определяются не способом получения, а только длиной волны (частотой).

Законы излучения светящейся области ядерного взрыва. Источники света, испускающие световую энергию вследствие их нагревания до высокой температуры, называются температурными источниками.

Для установления законов излучения температурных источников было введено понятие **абсолютно черного тела.** Под абсолютно черным телом понимают тело, полностью поглощающее все падающее на него световое излучение какой угодно длины волны. В природе нет тел, которые бы обладали такой поглощательной способностью. Однако для изучения свойств температурных источников искусственно была создана модель абсолютно черного тела. Эта модель представляет собой полый шар или полый цилиндр с небольшим отверстием и зачерненной внутренней поверхностью. Всякий луч, попавший внутрь такого тела через малое отверстие, выйдет из него обратно, испытав лишь многочисленные отражения. Допустим, что поглощательная способность внутренней поверхности равна 90%. Тогда уже при первом отражении величина отраженного потока будет 10% от падающей, при вторичном отражении величина отраженного потока будет уже 1% от падающей, при последующем отражении — 0,1%.

Если теперь после трехкратного отражения луч света выйдет обратно, то суммарная поглощательная способность (отношение поглощенного потока световой энергии к падающему) будет равна 0,99, то есть близка к единице. Наиболее близко подходят к абсолютно черному телу платиновая сажа и висмутовая чернь, поглощательная способность которых составляет около 98%.

Таким образом, если в отверстие входит пучок света, то вследствие многократного отражения от внутренних стенок практически вся световая энергия остается внутри цилиндра (не выйдет наружу). С практической точки зрения такая модель может быть названа абсолютно черным телом, которое полностью поглощает все падающие на него лучи.

Такое тело обладает не только наибольшей поглощательной способностью по сравнению с другими телами, но и наибольшей излучательной способностью.

Если внутренние стенки описанной модели абсолютно черного тела накалить электрическим током или иным способом до белого каления, то вследствие многократных отражений света внутри полого тела его отверстие будет светиться с наибольшей яркостью, возможной при данной температуре.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что абсолютно черное тело при любой заданной температуре излучает наибольшее количество световой энергии по сравнению с любыми другими температурными излучателями. Излучение абсолютно черного тела представляет собою, таким образом, тот предел, к которому более или менее приближаются излучения других, менее совершенных температурных источников.

Многие раскаленные тела, в том числе и газы, также обладают значительной поглощательной способностью. Многочисленными опытами установлено, что для светового излучения, идущего от солнца, в основном справедливы те же законы, что и для излучения абсолютно черного тела.

Светящаяся область атомного взрыва является также температурным источником.

Как уже отмечалось, источником светового излучения атомного взрыва являются (как и у солнца) раскаленные пары и газы. Поэтому с достаточной для практики точностью можно принять, что светящаяся область атомного взрыва излучает свет, как абсолютно черное тело. Рассмотрим теперь законы излучения абсолютно черного тела. К этим законам относятся следующие:

1) **Интенсивность светового излучения** I_0, то есть количество световой энергии, излучаемое с одного квадратного сантиметра поверхности абсолютно черного тела за одну секунду, пропорционально четвертой степени

его абсолютной температуры $T°K$[1]. Этот закон, носящий название закона Стефана — Больцмана, математически выражается так:

$$I_0 = \sigma T^4 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек},$$

где σ — постоянный коэффициент, равный $1,37 \cdot 10^{-12}$ кал/см^2 · сек · град^4;

T — абсолютная температура излучающей поверхности в градусах K.

Приведенный закон говорит об исключительно большом влиянии температуры поверхности тела на его способность излучать световую энергию. При повышении температуры поверхности тела в два раза интенсивность увеличивается в 16 раз, повышение температуры втрое вызывает рост интенсивности в 81 раз и т. д.

Полное количество световой энергии, излучаемой телом со всей его поверхности за все время свечения t_c, определяется по следующей формуле (если размеры тела и температура его поверхности не меняются со временем свечения):

$$E_{изл} = \sigma T^4 t_c \,.$$

$E_{изл}$ изменяется обычно в калориях.

2) **Спектральная интенсивность излучения** I_λ, то есть количество световой энергии в калориях, излучаемой с 1 см^2 поверхности тела за 1 сек. в интервале длин волн от λ до $(\lambda + 1)$ микрон, определяется по формуле Планка.

$$I_\lambda = \frac{C_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек} \cdot \text{микрон},$$

где λ — длина волны в микронах;

T — температура поверхности тела в °K;

C_1 и C_2 — постоянные коэффициенты, которые равны

$$C_1 = 8,85 \cdot 10^3 \text{ кал} \cdot \text{микрон}^4/\text{см}^2 \cdot \text{сек}.$$

$$C_2 = 1,44 \cdot 10^4 \text{ микрон} \cdot \text{град}.$$

[1] Абсолютная температура T отсчитывается по так называемой шкале Кельвина от абсолютного нуля, лежащего при $t = -273°$ C, и обозначается $T°$ K. Переход от градусов международной стоградусной шкалы (C) к абсолютной температуре (K) производится по формуле $T°K = (t + 273° C)$.

Например: 6000°K = 5727 + 273° C

Из формулы Планка следует, что для абсолютно черного тела спектральный состав излучения зависит только от температуры тела. Кривые спектральной интенсивности излучения I_λ, вычисленные по формуле Планка для различных температур поверхности абсолютно черного тела, приведены на рис. 45.

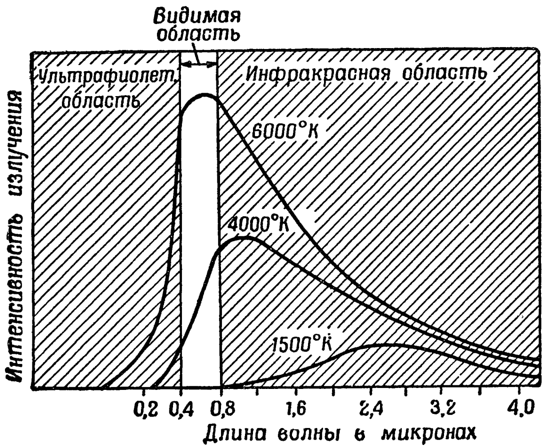


Рис. 45. Графики изменения спектральной интенсивности излучения для различных температур поверхности абсолютно черного тела

Из графиков, приведенных на рисунке, видно, что чем выше температура тела, тем больше интенсивность излучения на каждом участке спектра и, следовательно, тем больше общая энергия излучения. Кроме этого, из графиков следует, что при увеличении температуры наибольшее значение спектральной интенсивности (максимум каждой кривой) смещается в сторону более коротких длин волн. Это явление получило название **закона смещения, или закона Вина.**

3) Согласно закону смещения длина волны λ_m, при которой интенсивность излучения наибольшая, зависит от абсолютной температуры следующим образом:

$$\lambda_m = \frac{2886}{T} \text{ микрон.}$$

Для разных температур получаем следующие значения λ_m (в микронах):

2000°	6000°	8000°	10 000°	20 000°	50 000°
1,44	0,48	0,36	0,29	0,14	0,058

В соответствии с перемещением максимума кривой излучения меняется и цвет излучения — от красного при низких температурах к белому при более высоких.

На основании исследований распределения энергии в спектре при разных температурах можно составить следующую картину излучения световой энергии нагретыми телами.

Тела излучают энергию при всякой температуре. При низких температурах излучаются в основном инфракрасные лучи, соответствующие очень длинным волнам, и общее количество энергии мало́. При повышении температуры прибавляются лучи, соответствующие более коротким волнам, общее количество энергии повышается и максимум энергии передвигается в сторону более коротких волн. Только при температуре немного выше 500° при общем повышении количества излучаемой энергии первые видимые лучи (красные) становятся настолько интенсивными, что они начинают действовать на глаз. Наконец, при температуре свыше 1000° обнаруживаются фиолетовые лучи, появляется весь видимый спектр, наступает белое каление, а затем обнаруживаются и ультрафиолетовые лучи.

Как видно из кривых рис. 45, излучение в видимой области составляет только небольшую часть всей энергии, испускаемой светящимся телом.

Вообще относительно наибольшее видимое световое излучение (примерно 45%) приходится на температуру в 6700° К. При повышении температуры сверх этого значительно увеличивается интенсивность ультрафиолетовых лучей и доля излучения в видимой области в общем излучении снова начинает падать.

Выше были рассмотрены законы излучения абсолютно черного тела. Однако для того, чтобы количественно оценить источник светового излучения атомного взрыва по этим законам, необходимо знать температуру, радиус и время свечения светящейся области атомного взрыва.

Как уже отмечалось выше, при взрыве ядерного заряда в воздухе образуется светящаяся область в форме

шара, который с течением времени после взрыва увеличивается в поперечнике до нескольких сотен метров и более в зависимости от калибра ядерного заряда. По мере увеличения светящейся области температура ее поверхности падает. Примерное изменение температуры и радиуса огненного шара по времени для заряда с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т показано на рис. 46. На

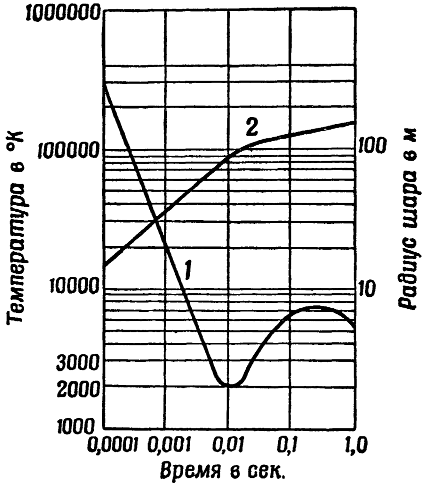


Рис. 46. Изменение температуры (*1*) и радиуса (*2*) огненного шара по времени

рисунке по горизонтальной оси отложено время в секундах, а по вертикальной оси, справа, — радиус огненного шара в метрах, слева — температура его поверхности. Из рисунка видно, что примерно через одну сотую долю секунды после взрыва температура поверхности огненного шара уменьшается до 2000° К. Далее температура поверхности опять повышается и к моменту времени 0,2 ÷ 0,3 сек. достигает приблизительно 8000° К, после чего опять постепенно уменьшается. Для объяснения такого закона изменения температуры рассмотрим более подробно процесс образования и развития огненного шара.

Как уже отмечалось, при взрыве ядерного заряда температура в месте взрыва достигает миллионов гра-

дусов. При такой огромной температуре не успевшая разделиться часть атомного заряда, оболочка и все другие детали бомбы испаряются. Температура паров также очень высока. Они испускают излучение, спектр которого охватывает широкий диапазон длин волн, простирающийся от далеких (с большой длиной волны) инфракрасных лучей через видимую и ультрафиолетовую область спектра до рентгеновских лучей. Но основная доля излучения принадлежит мягким рентгеновским лучам, которые поглощаются слоями воздуха, непосредственно примыкающими к бомбе, в результате этого воздух нагревается до свечения. Воздух начинает светиться (при наличии окислов азота и других примесей, образующихся при взрыве), как только его температура достигает примерно 2000° К. При дальнейшем повышении температуры воздуха он сам начинает испускать излучение, которое поглощается ненагретыми слоями воздуха.

Например, уже при температуре 30 000° воздух начинает испускать излучение, которое большей частью поглощается ненагретыми слоями воздуха. Таким образом, излучениями, испускаемыми раскаленными продуктами взрыва, последовательно нагреваются все новые слои воздуха. Этот процесс прогрева воздуха идет настолько быстро, что через несколько микросекунд (миллионных долей секунды) в месте взрыва образуется светящаяся область в форме шара, состоящая из раскаленных продуктов взрыва и воздуха. Молекулы этих веществ разбиты на атомы, а атомы ионизированы. По истечении 0,0001 сек. радиус огненного шара равен примерно 15 м, а температура его поверхности равна около 300 000° К. Во всех точках объема огненного шара, вплоть до внешней поверхности, температура почти одинакова, поскольку энергия может очень быстро распространяться между любыми двумя точками внутри шара. Такой шар с одинаковой температурой во всех его точках называют гомотермическим шаром. Давление газов у поверхности шара резко отличается от давления и плотности окружающего воздуха. Вследствие этого огненный шар расширяется со скоростью, значительно превосходящей скорость звука (340 м/сек.), сжимая прилегающий к нему воздух. Сжатие от первого слоя воздуха передается следующим слоям, возникает воздушная ударная волна.

В начальный момент образования огненного шара скорость лучистого прогрева слоев воздуха и скорость фронта ударной волны равны, поэтому фронт волны совпадает с поверхностью гомотермического шара. После снижения температуры поверхности шара до 300 000° К скорость фронта ударной волны становится больше скорости лучистого прогрева слоев воздуха. Фронт ударной волны уходит вперед от поверхности гомотермического шара [1]. Однако температура во фронте ударной волны, обусловленная сжатием, хотя и ниже, чем в гомотермической области, все же такова, что воздух в нем светится.

Таким образом, с момента времени примерно 0,0001 сек. вокруг гомотермического шара образуется быстро увеличивающийся слой светящегося, но менее раскаленного воздуха, образованного фронтом ударной волны. Благодаря тому что фронт ударной волны светится, он является не только источником светового излучения, но также сильно поглощает идущее через него

[1] Упрощенное объяснение этого явления будет приблизительно следующим.

Ввиду высокой температуры огненного шара основная часть (около 70%) излучения приходится на ультрафиолетовый диапазон спектра, в котором длина волн меньше 0,186 микрона. Такое излучение сильно поглощается воздухом, так как средний свободный путь пробега фотона 0,01 см или меньше.

В среднем каждый фотон перемещается со скоростью света на расстояние, равное этому среднему свободному пути пробега. Затем он поглощается каким-нибудь атомом, молекулой или газовым ионом, обычно азотом или кислородом, присутствующими в воздухе, которые вследствие этого переводятся в возбужденное состояние. Когда атомы вещества переходят из возбужденного состояния в нормальное, испускается новый фотон. Этот фотон продолжает двигаться в случайном направлении со скоростью света, но затем опять захватывается каким-нибудь атомом или молекулой воздуха, после чего опять испускается фотон и т. д.

Из-за малого среднего свободного пути пробега излучений с волнами длиной менее 0,186 микрона, а также вследствие чередования поглощения и испускания общая скорость передачи такого излучения относительно невелика. Вот почему фронт ударной волны распространяется быстрее, чем изотермической сферы.

Следует иметь в виду, что эта медленная передача относится только к очень коротковолновым излучениям (с длиной волны меньше 0,186 микрона). Лучи ближайшего ультрафиолетового, а также видимого и инфракрасного диапазонов спектра распространяются от огненного шара со скоростью света на большие расстояния.

излучение, то есть служит своеобразным экраном, не пропускающим часть энергии, идущей от более нагретого гомотермического шара. Этому также способствуют окислы азота, образующиеся во фронте ударной волны при нагревании воздуха до высокой температуры. Например, в некоторых иностранных источниках указывается, что при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом в 20 тыс. т образуется около 100 т двуокиси азота, представляющей собой коричневый газ. Окислы азота непрозрачны для видимых лучей.

По мере распространения фронта ударной волны давление и температура в нем падают, и наконец наступит такой момент, когда давление и температура во фронте настолько упадут, что воздух перестанет светиться. Это соответствует времени примерно 0,01 сек. и минимуму на кривой рис. 46, то есть температуре во фронте 2000° K. Промежуток времени от взрыва до момента времени 0,01 сек. будем называть первым периодом развития огненного шара. Что же происходит дальше, когда фронт ударной волны перестает светиться? С этого момента начинается вторая стадия развития светящейся области. Поскольку воздух во фронте ударной волны не может теперь излучать, а следовательно, и поглощать излучение, он постепенно становится прозрачным. Поэтому фронт ударной волны перестает быть экраном для излучения из внутренней, более нагретой центральной области (шара) взрыва, которая теперь становится видимой, достигнув в радиусе около 100 м. Температура поверхности огненного шара, достигнув минимума, вновь начинает повышаться, пока не станет соответствовать температуре гомотермического шара. Это приводит со временем к образованию максимума температуры излучающей поверхности, равного 7000—8000° K. Достигнув максимума, температура поверхности светящейся области с момента времени, равного $0{,}2 \div 0{,}3$ сек., начинает затем снижаться вследствие потери энергии на излучение и охлаждение раскаленных газов огненного шара в результате его расширения. На этой второй стадии развития огненного шара размеры его увеличиваются за счет газодинамического расширения. Примерно через одну секунду после начала взрыва температура огненного шара уменьшается до 5000° K, а размеры его достигают почти максимальных; радиус его составляет около 150 м.

Свечение огненного шара продолжается около 3 сек. К этому времени радиус его достигает 200 м и более (все данные относятся к заряду с тротиловым эквивалентом, равным 20 тыс. т).

При воздушном взрыве ядерных зарядов большего калибра, в том числе и водородных бомб, также образуется светящаяся область в форме шара, но размеры его и время свечения больше, чем при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т. Вид кривых изменения температуры огненного шара и размеров подобен кривым, показанным на рис. 46, но масштаб времени другой.

В иностранной литературе[1] приводится следующая зависимость размеров диаметра огненного шара от величины тротилового эквивалента ядерного заряда (табл. 3).

Таблица 3

Размеры огненного шара в зависимости от тротилового эквивалента ядерного заряда

Тротиловый эквивалент, т	1 тыс.	20 тыс.	1 млн.	5 млн.	10 млн.
Диаметр огненного шара, м	110	360	1770	3120	4260

Как следует из таблицы, для ориентировочных расчетов можно принять, что радиус и время свечения огненного шара пропорциональны корню кубичному из величины тротилового эквивалента заряда. Следовательно, если известен максимальный радиус огненного шара (примем его для простоты расчетов равным 200 м) и время свечения (3 сек.) для атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т, то можно найти радиус и время свечения огненного шара для любого другого калибра атомной бомбы. Подсчитаем, например, радиус и время свечения огненного шара для бомбы в пять раз более мощной, имеющей тротиловый эквивалент 100 тыс. т. Извлекая корень кубичный из отношения тротиловых эквивалентов $\left(\sqrt[3]{5}\right)$, получим число,

[1] «The Effects of Nuclear Weapons», Washington, 1957.

равное 1,71. Увеличив в это число раз радиус и время свечения огненного шара бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т, получим радиус и время свечения огненного шара для бомбы в пять раз более мощной (100 тыс. т). Они будут равны: радиус — около 340 м, время свечения — примерно 5 сек.

Таким образом, при атомном и водородном взрывах источником светового излучения является светящаяся область в форме шара (полусферы) с меняющейся температурой поверхности по времени. Размер этого шара также изменяется с течением времени, а максимальная его величина зависит от величины тротилового эквивалента.

Определим теперь полную энергию, излучаемую огненным шаром в окружающее пространство.

Полная энергия, излучаемая огненным шаром. Количественную оценку излучения любого светящегося тела, подчиняющегося законам излучения абсолютно черного тела, нетрудно сделать, если известны температура и размер поверхности этого тела, а также время свечения. Это особенно легко сделать, если температура и размер поверхности тела остаются неизменными в процессе его свечения.

Тогда полная энергия, излучаемая огненным шаром, находится как произведение интенсивности излучения на площадь поверхности шара и время свечения. Однако в нашем случае то и другое меняется с течением времени после момента атомного взрыва. В этом случае расчет ведут двумя методами. По первому методу принимают размер и температуру огненного шара некоторыми средними постоянными значениями; тогда полная энергия находится так, как только что сказано выше. По второму методу расчет ведут по отдельным коротким промежуткам времени, для которых температуру и площадь поверхности шара можно считать постоянными. Чтобы определить полную энергию, излучаемую за все время свечения огненного шара, производят сложение значений энергий излучения, найденных для отдельных промежутков времени.

Для примера подсчитаем полную энергию, излучаемую огненным шаром при взрыве ядерного заряда с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т, вторым методом. На

основании графиков изменения температуры и радиуса огненного шара по времени, приведенных на рис. 46, пользуясь первым законом излучения абсолютно черного тела, построим кривую изменения световой энергии, излучаемой всей поверхностью огненного шара по времени. Эта кривая приведена на рис. 47. По горизонтальной оси на рисунке отложено время в секундах, а по вертикальной оси — количество световой энергии, излучаемое всей поверхностью огненного шара в каждый данный момент времени. Площадь, ограниченная кривой и горизонтальной осью, будет давать полное количество световой

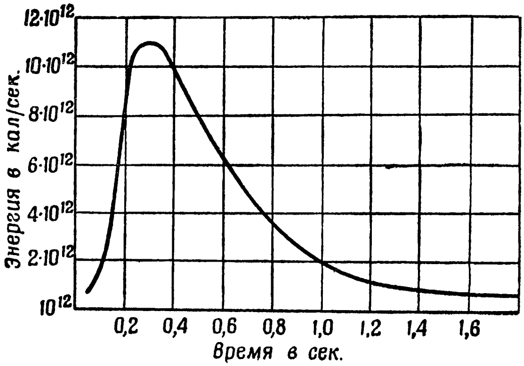


Рис. 47. Изменение энергии, излучаемой всей поверхностью огненного шара, по времени

энергии, излучаемое огненным шаром за время его свечения. Это количество световой энергии, излучаемое огненным шаром при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т, равно, как нетрудно подсчитать, примерно 7 млрд. больших калорий, то есть несколько больше, чем одна треть полной энергии, выделившейся при взрыве. На основании кривой, приведенной на рис. 47, кроме того, легко подсчитать количество энергии, излучаемой огненным шаром к любому моменту времени t. Для этого нужно подсчитать площадь под кривой на участке по оси времени от 0 до данного момента времени t. Такой подсчет дает возможность установить, какой процент энергии высвечивается к данному моменту, а также время, в течение которого излучается основное количество световой энергии огненным шаром,

что необходимо знать для правильной организации противоатомной защиты.

Выполненные таким образом подсчеты (на основании кривой, приведенной на рис. 47) показаны на рис. 48. Они дают возможность установить следующие важные для практики выводы:

1) Несмотря на то что в первый момент времени после взрыва (до $t = 0{,}01$ сек. — первая стадия развития огненного шара) температура поверхности огненного шара очень велика, доля излучаемой световой энергии за это время от общего количества световой энергии, излучаемой за все время свечения, мала и составляет примерно 1%. Это объясняется кратковременностью первой стадии развития огненного шара.

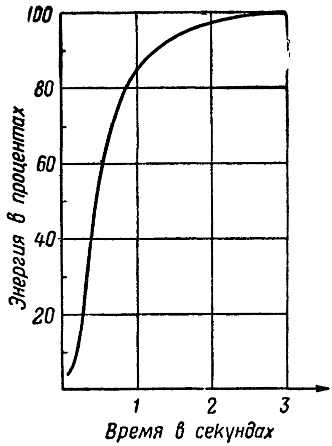


Рис. 48. Доля световой энергии, высвечиваемая к различным моментам времени, при взрыве бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т

2) Почти вся световая энергия при ядерном взрыве излучается огненным шаром на последующей (второй) стадии его развития, причем для бомб среднего калибра основная доля (80—85%) световой энергии излучается за первую секунду после взрыва, а остальная часть (20—15%) излучается в промежутке времени от 1 до 3 сек. после взрыва.

Спектр светового излучения ядерного взрыва. В предыдущем разделе установлено, что почти вся (99%) световая энергия при атомном взрыве излучается в промежуток времени от $t = 0{,}01$ сек. до $t = 3$ сек., а 80—85% ее излучается в промежуток времени от $t = 0{,}01$ сек. до $t = 1$ сек. с момента взрыва. На основании графика изменения температуры огненного шара по времени, приведенного на рис. 46, легко установить, какие температуры поверхности в этот промежуток времени имеет огненный шар. Это будут температуры в пределах от 2000° К до 7000—8000° К. Но если известна температура

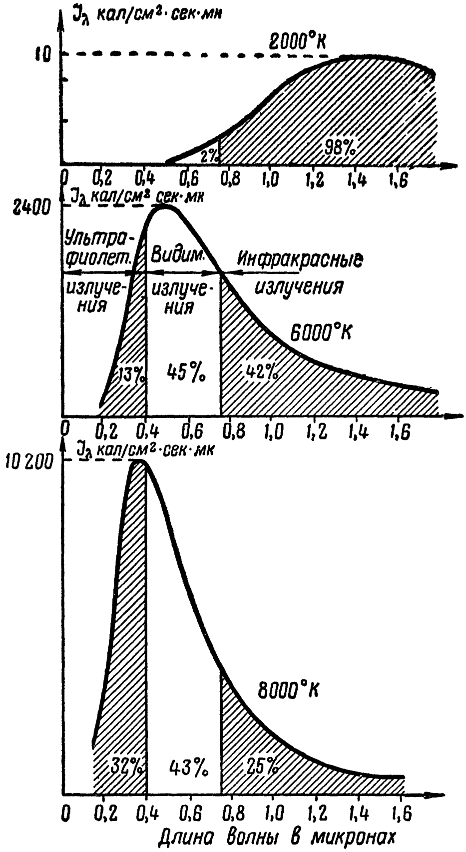


Рис. 49. Распределение энергии по спектру для разных температур поверхности огненного шара

поверхности шара, то по формуле Планка нетрудно определить распределение энергии по спектру.

На рис. 49 показано распределение световой энергии по спектру для температур 2000°, 6000° и 8000° К.

На рисунках по осям отложено: по горизонтальной — длина волны в микронах, по вертикальной — количество световой энергии, излучаемой за секунду одним квадратным сантиметром поверхности (рассчитанной на единицу шкалы для длин волн, то есть на 1 микрон), то есть

спектральная интенсивность излучения I_λ. Площадь, ограниченная горизонтальной осью и кривой, дает количество световой энергии, излучаемой за секунду одним квадратным сантиметром поверхности огненного шара,— интенсивность излучения I_0.

Из приведенных кривых следует вывод: чем больше температура поверхности огненного шара, тем большая доля световой энергии излучается в ультрафиолетовой области. Для примера в табл. 4 приведено соотношение (подсчитанное согласно рис. 49) между энергиями различных частей светового спектра при разных температурах поверхности огненного шара.

Таблица 4

Распределение энергии светового излучения в зависимости от температуры поверхности огненного шара

Температура поверхности, ° К	Ультрафиолетовое излучение	Видимое излучение	Инфракрасное излучение
2000	Нет	2%	98%
4000	2%	28%	70%
6000	13%	45%	42%
8000	32%	43%	25%

Из таблицы видно, что в спектре светового излучения огненного шара при атомном взрыве присутствуют все три части светового спектра. Однако если учесть, что температура поверхности огненного шара, когда испускается в окружающую среду основная доля светового излучения (80—85%), не превосходит 8000° К, то в спектре больше всего содержится видимых и инфракрасных излучений.

Какие же части спектра содержатся в излучении огненного шара в первые моменты после взрыва (первая стадия развития), когда ее температура поверхности измеряется десятками и даже сотнями тысяч градусов? Если для этих температур построить кривые распределения световой энергии по длинам волн, подобно тому как это сделано на рис. 49, то окажется, что основная доля излучения приходится на ультрафиолетовые лучи, причем это будут ультрафиолетовые лучи с такой длиной волны (меньше 0,186 микрона), что они полностью

поглощаются окружающим место взрыва воздухом. Например, уже при температуре поверхности светящейся области, равной 30000° К, доля энергии таких лучей составляет около 70%, остальные 30% будут приходиться на ультрафиолетовую (с длиной волны больше 0,186 микрона) и видимую часть спектра. Начиная с температуры поверхности огненного шара 50 000° К и больше почти все излучение имеет длину волны меньше 0,186 микрона, то есть почти все поглощается воздухом. На остальные части спектра приходится очень малая доля, причем чем выше температура поверхности огненного шара, тем эта доля меньше. Таким образом, на первой стадии развития огненного шара в основном все излучение приходится на ультрафиолетовую часть спектра, поглощаемую воздухом.

По истечении времени больше 1 сек. после взрыва ядерного заряда среднего калибра еще излучается огненным шаром около 15—20% всей световой энергии. Так как температура поверхности огненного шара в это время не превышает 5000° К, то основная доля световой энергии приходится на инфракрасную часть спектра.

Таким образом, на ранней (первой) стадии развития светящейся области в спектре будет преобладать коротковолновая ультрафиолетовая часть световой энергии, однако по величине она не превосходит одного процента всей излучаемой световой энергии. Наоборот, основная доля световой энергии ядерного взрыва излучается на более поздней (второй) стадии развития светящейся области, и в спектре будут преобладать видимая и инфракрасная части. Следует отметить, что в среднем спектр светового излучения атомного взрыва напоминает солнечный спектр.

2. Световые импульсы

Основной характеристикой, определяющей поражающее действие светового излучения ядерного взрыва, является количество световой энергии, падающей на один квадратный сантиметр освещаемой поверхности, перпендикулярной к направлению распространения излучения, за все время свечения огненного шара. Это количество световой энергии называют **световым импульсом.** Величина светового импульса зависит:

а) от количества световой энергии, излучаемой огненным шаром за все время его свечения $E_{изл}$; так как в форме светового излучения выделяется вполне определенная часть (одна треть) всей энергии, выделяющейся при атомном взрыве, то, следовательно, величина светового импульса зависит от калибра атомной бомбы;

б) от расстояния освещаемой поверхности до центра ядерного взрыва;

в) от состояния атмосферы в момент взрыва;

г) от вида взрыва (наземный или воздушный). Световое излучение от светящейся области распространяется прямолинейно. Если вокруг светящейся области воздушного атомного взрыва описать сферу радиуса R, то энергия, излучаемая светящейся областью за все время ее свечения, если отсутствует ослабление энергии в атмосфере, будет полностью проходить через поверхность сферы, равную

$$S = 4\pi R^2 \text{ см}^2.$$

Значит, на 1 см^2 этой поверхности будет приходиться энергия, равная

$$U = \frac{E_{изл}}{4\pi R^2} \text{ кал/см}^2.$$

Это количество энергии и принято называть световым импульсом.

Световой импульс в этом случае будет выражаться в калориях на квадратный сантиметр.

Как видно из формулы, величина светового импульса при достаточно прозрачной атмосфере обратно пропорциональна квадрату расстояния от центра взрыва. С увеличением расстояния вдвое величина импульса вследствие расширения светового потока уменьшается в четыре раза, а с увеличением втрое — в девять раз.

Если бы атмосфера не ослабляла (при прохождении сквозь нее) светового излучения, то расчет светового импульса на любом расстоянии от центра взрыва был бы крайне прост. Допустим, нужно узнать световой импульс для атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т на расстояниях 1, 2 и 3 км. Для нахождения световых импульсов на этих расстояниях нужно в указанное выражение для светового импульса подставить

вместо энергии ее значение — $7 \cdot 10^{12}$ кал., а вместо квадрата расстояния — последовательно цифры 10^{10}; $4 \cdot 10^{10}$; $9 \cdot 10^{10}$ (квадраты расстояний, выраженные в см.). Тогда для световых импульсов получим значения: на одном километре — 56 кал/см^2, на двух километрах — 14 кал/см^2, на трех километрах — 6,2 кал/см^2. Таковы были бы световые импульсы, если бы не было ослабления световой энергии в атмосфере. Однако практически всегда при прохождении сквозь атмосферу световой энергии происходит ее ослабление в той или иной степени. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

3. Ослабление светового излучения при прохождении сквозь атмосферу

Окружающий землю газообразный слой называется атмосферой. Атмосфера — это сложная смесь с почти неизменным составом основных газов (азота, кислорода, аргона, углекислого), но с очень непостоянным количеством различных примесей. К этим примесям относятся: вода (в жидком и твердом состоянии), пыль, дым, сажа, газы от промышленных предприятий. Количество примесей в атмосфере, особенно в слое воздуха, прилегающего к земле, зависит от местности, времени года и суток. Например, туманы больше всего бывают на побережьях морей, океанов, над большими водоемами. Пыли больше всего бывает в пустыне, в сухое время года. Дыма, пыли, сажи много также около промышленных предприятий и т. д.

Благодаря наличию в атмосфере указанных примесей световое излучение при прохождении через нее ослабляется.

Из чего складывается ослабление светового излучения? При прохождении светового излучения сквозь атмосферу оно частично рассеивается и частично поглощается.

Рассеянием называется изменение прямолинейного направления лучей света частицами, находящимися в атмосфере. Такими частицами являются молекулы газов, входящих в состав воздуха, капли тумана, пылинки и т. д.

Рассеяние — очень сложное явление. Световой луч, встречая на своем пути частицу, отражается от нее, по-

падает на другую частицу и отражается второй раз. Дважды отраженный луч попадает на новую частицу и отражается третий раз и т. д.

Рассеяние света очень хорошо знакомо шоферам, когда автомашина попадает с зажженными фарами в туман. За счет рассеяния на капельках воды узкий пучок света от фар теряет свою направленность, становится широким. При достаточно плотном тумане шофер вместо пучка света видит светящийся объем тумана, который ослепляет его.

Рассеяние светового излучения тем больше, чем больше содержится в воздухе пыли, дыма и капель воды.

Наличие рассеяния света накладывает некоторые особенности на защитные сооружения от ядерного взрыва. Например, траншеи должны иметь крытые участки, ибо за счет рассеянной доли светового излучения в открытых траншеях возможны поражения людей. Кроме того, за счет рассеянной доли светового излучения может наблюдаться временное ослепление людей, даже если они смотрят не в направлении взрыва.

Кроме рассеяния, световое излучение при прохождении сквозь атмосферу также поглощается частицами пыли, парами воды, молекулами кислорода, углекислым газом, озоном. Поглощенная световая энергия переходит в теплоту, нагревающую воздух. Известно много полос поглощения в различных частях спектра при прохождении светового излучения сквозь атмосферу. На основании этого можно сделать следующие выводы.

а) Ультрафиолетовое излучение с длиной волны меньше 0,186 микрона полностью поглощается кислородом воздуха (достаточно слоя кислорода толщиной в 1 м).

Следовательно, в спектре светового излучения ядерного взрыва отсутствуют ультрафиолетовые лучи с длиной волны меньше 0,186 микрона.

б) Ультрафиолетовое излучение с длиной волны меньше 0,29 микрона сильно поглощается озоном (трехатомный кислород — O_3). Например, в солнечном спектре у поверхности земли не содержится ультрафиолетового излучения с длиной волны меньше 0,29 микрона, так как оно полностью поглощается озоном высоких слоев атмосферы. Благодаря этому существует особый теплый слой в атмосфере (по некоторым данным, температура в нем

равна около +35°) на высотах 40—55 км, где ультрафиолетовые лучи еще только вступают в слой озона.

Рассмотрим кратко вопрос, в какой степени поглощает озон световое излучение атомного взрыва.

Можно сказать определенно, что за счет атмосферного озона поглощение светового излучения атомного взрыва несущественно. Но при атомном взрыве большое количество озона возникает за счет воздействия на кислород воздуха гамма-лучей, рентгеновских лучей и ультрафиолетовых лучей (в диапазоне длин волн 0,13—0,175 микрона). При воздействии этих лучей на молекулу кислорода она распадается на атомы кислорода, которые, соединяясь в свою очередь с другими молекулами кислорода, образуют озон. Образованный озон под влиянием высоких температур частично разрушается. Он частично расходуется на окисление органических веществ, которые в виде пыли (особенно много поднимается ее при атомном взрыве) всегда присутствуют в атмосфере, а частично разрушается при столкновении с атомами кислорода. Значительная часть озона идет на поглощение ультрафиолетового излучения с длиной волны меньше 0 29 микрона. Наблюдаются также полосы поглощения за счет озона в инфракрасной части спектра. Однако окончательных данных о поглощении ультрафиолетового излучения атомного взрыва озоном еще нет. В литературе (иностранной) имеются лишь отрывочные сведения [1], согласно которым при замерах на расстояниях, превышающих 9—16 км от центра атомного взрыва, уже совершенно не наблюдаются излучения с длиной волны меньше 0,3 микрона. Это же подтверждается опытами (описанными в иностранной литературе) с животными, подвергшимися при ядерном взрыве облучению через фильтры, пропускающие только ультрафиолетовую часть спектра. Ожогов за счет ультрафиолетовой части спектра не было. Этими же опытами было установлено, что ожоги, полученные через фильтры, которые пропускают только видимую или только инфракрасную часть, не различались по интенсивности (при прочих одинаковых условиях), хотя в некоторых случаях ожоги, вызванные действием видимого света, были сильнее. Зна-

1 «The Effects of Atomic Weapons», New York — London, 1950.

чит, при атомном взрыве поражение световым излучением будет происходить в основном за счет видимых и инфракрасных лучей.

в) Имеется много полос поглощения в инфракрасной области спектра, которые получаются в основном за счет паров воды и углекислого газа.

Для учета ослабления светового излучения при прохождении сквозь атмосферу в формулу для подсчета светового импульса вводится поправочный множитель $e^{-\kappa(R-r)}$, учитывающий ослабление излучения на пути $(R-r)$. Здесь R — расстояние от центра светящейся области до места, где измеряется излучение, и r — радиус светящейся области. Если R и r выразить в километрах, то окончательно для подсчета величины светового импульса на расстоянии R от центра взрыва с учетом ослабления светового излучения атмосферой имеем формулу:[1]

$$U = \frac{E_{изл}}{4\pi \cdot 10^{10} \cdot R^2} e^{-\kappa(R-r)} \text{ кал/см}^2,$$

где $E_{изл}$ — полная энергия светового излучения в калориях;

R — расстояние от центра взрыва в километрах;

r — средний радиус светящейся области в километрах;

κ — средний коэффициент ослабления излучения для всего диапазона длин волн, имеющий размерность $\frac{1}{км}$;

e — основание натуральных логарифмов, равное примерно 2,72;

$\pi = 3{,}14$.

Для практических целей эту формулу можно упростить. Учитывая, что на световое излучение идет одна треть энергии взрыва, формула для расчета светового импульса будет иметь вид:

$$U = \frac{2{,}65 \cdot 10^{-3} \cdot q}{R^2} e^{-\kappa(R-r)} \text{ кал/см}^2,$$

где q — тротиловый эквивалент взрыва в тоннах;

R — расстояние от центра взрыва в километрах.

[1] «The Effects of Atomic Weapons», New York—London, 1950.

Остальные обозначения те же, что и раньше.

Коэффициент ослабления светового излучения атмосферой более или менее изучен для узкого пучка лучей (когда ушедшие из пучка лучи за счет рассеяния обратно в него не возвращаются). Однако при атомном взрыве световое излучение испускается во все стороны (воздушный взрыв) от светящейся области, то есть в телесном угле, равном 4π, охватывающем множество узких пучков световых лучей. В этом случае рассеянная доля излучения одного пучка света пополняется рассеянной долей другого пучка.

Если бы атомный взрыв происходил в однородной среде (среда одинаковой плотности), то через сферу произвольного радиуса, описанную относительно центра взрыва, из общего количества фотонов, испущенных светящейся областью, пройдут все, за исключением части фотонов, поглощенных средой. Тогда ослабление светового излучения будет определяться только его поглощением.

В действительности место взрыва не будет окружено однородной атмосферой; как правило, концентрация рассеивающих центров над местом взрыва уменьшается с увеличением высоты. Кроме того, атмосфера ограничена снизу поверхностью земли. Нас интересует больше ослабление лучистой энергии в горизонтальном направлении. Уменьшение концентрации центров рассеяния с высотой дает возможность сделать вывод, что в вертикальном направлении атмосфера более прозрачна, чем в горизонтальном. Световой поток, распространяющийся в горизонтальном направлении, проходит через более плотную среду, чем в вертикальном, и, следовательно, теряет за счет рассеяния больше, чем приобретает. Кроме того, большая часть лучистой энергии, падающей на землю, поглощается. Таким образом, рассеяние ведет также к ослаблению светового потока. Следовательно, световое излучение, распространяющееся от светящейся области в горизонтальном направлении, уменьшается за счет рассеяния вверх и поглощения землей.

Такова кратко качественная картина процесса ослабления светового излучения атомного взрыва при прохождении сквозь атмосферу.

Количественно оценить ослабление светового излучения при прохождении сквозь атмосферу при различных

ее состояниях ввиду чрезвычайной сложности вопроса довольно трудно. Ориентировочная оценка коэффициента ослабления светового излучения ядерного взрыва $к$ для различных состояний атмосферы, согласно иностранной печати, может быть произведена на основании графика, приведенного на рис. 50. Состояние атмосферы обычно характеризуют метеорологической дальностью видимости, под которой понимают то предельное расстояние, на котором в дневное время на фоне неба у горизонта можно различить очертания больших темных предметов, к которым относятся, например, хвойные деревья, покрытые черноземом склоны холмов, постройки, паровозы и пр.

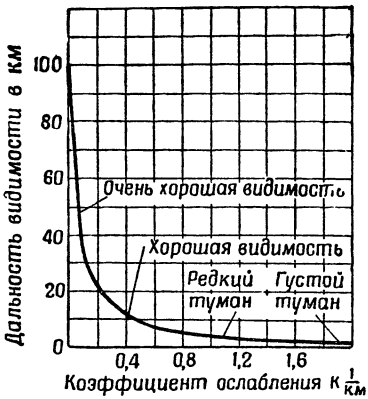


Рис. 50. Зависимость коэффициента ослабления от дальности видимости

Из графика нетрудно видеть, что коэффициент ослабления изменяется от нуля при исключительно чистой атмосфере до $к = 2 \frac{1}{км}$ при густом тумане.

Для города дальность видимости в среднем равна примерно 10 км, тогда $к = 0{,}4 \frac{1}{км}$. Насколько данные рис. 50 близки к действительности, ответить пока что затруднительно. Для этого необходимы дополнительные исследования.

В ясную погоду поглощением светового излучения в атмосфере практически можно пренебречь. Поэтому в случае необходимости получить наибольший радиус поражения за счет действия светового излучения противник будет стремиться применить атомное оружие в условиях хорошей видимости. Это нужно учитывать при организации защиты от ядерного оружия.

С целью защиты можно ослабить световое излучение маскирующими дымами. Постановка дымовых завес имеет основной задачей маскировку расположения и действий своих войск и военных объектов и ослепление

огневых точек, наблюдательных пунктов и боевых порядков противника. Как известно, маскирующие дымовые завесы представляют собой плотные туманы, образующиеся в атмосфере в результате применения так называемых дымообразующих веществ. В условиях атомного взрыва маскирующие дымы так же, как и естественные туманы, будут ослаблять световое излучение. В известных пределах коэффициент ослабления света прямо пропорционален весовой концентрации дыма, измеряемой в мг/л или в г/м^3.

Доля энергии поглощенного света в общей потере световой энергии в силу рассеяния и поглощения зависит от размеров дымовых частиц, длины волны света и коэффициентов преломления частиц.

Для неокрашенных дымов на долю поглощения приходится от 10 до 30% общей потери световой энергии в силу рассеяния и поглощения, а в черных дымах на долю поглощения приходится до 80%. Из этого можно заключить, что в условиях постановки дымовой завесы поражающее действие светового излучения может быть в известной степени ослаблено.

В иностранной печати отмечается, что плотная дымовая завеса между точкой взрыва и целью может уменьшить световой импульс в десять раз по сравнению с тем импульсом, который был бы получен, если бы не было завесы. Таким образом, дымовые завесы, видимо, могут ослабить действие светового излучения ядерного взрыва.

Световые импульсы с учетом ослабления светового излучения атмосферой. На основе изложенного выше можно оценить значения световых импульсов на различных расстояниях от центра ядерного взрыва при разных состояниях атмосферы.

Для воздушного взрыва (высота взрыва $H = 600$ м) ядерного заряда, эквивалентного 20 тыс. т тротила, значения световых импульсов, рассчитанные по формуле, приведенной в предыдущем параграфе, показаны на рис. 51. На этом рисунке по горизонтальной оси отложены расстояния от эпицентра [1] ядерного взрыва в кило-

[1] Для воздушного взрыва световые импульсы на различных расстояниях от эпицентра взрыва могут быть определены по той же формуле, если вместо R подставить $\sqrt{R_э^2 + H^2}$, где $R_э$ — расстояние от эпицентра взрыва, H — высота взрыва.

метрах, по вертикальной оси — значения световых импульсов в кал/см².

Каждая кривая рассчитана для определенного коэффициента ослабления $к$.

Из рассмотрения кривых рис. 51 следует, что чем больше $к$, тем меньше для одного и того же расстояния

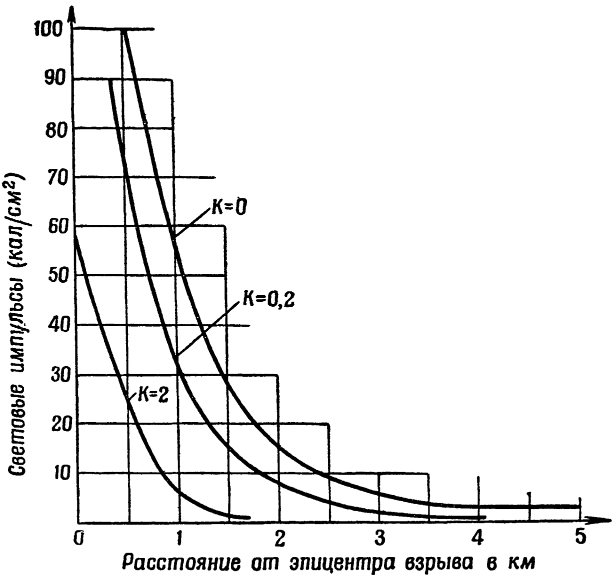


Рис. 51. Изменение световых импульсов с расстоянием от эпицентра взрыва для различных значений коэффициента ослабления светового излучения при взрыве атомной бомбы, эквивалентной 20 тыс. т тротила

величина светового импульса. Например, на расстоянии 1,5 км от эпицентра ядерного взрыва для случая, когда ослабление световой энергии в атмосфере полностью отсутствует, световой импульс равен 30 кал/см². Для того же самого расстояния, когда коэффициент ослабления равен $к = 0{,}2 \frac{1}{\text{км}}$, световой импульс равен 15 кал/см², а при коэффициенте ослабления $к = 2\frac{1}{\text{км}}$ световой импульс равен только 1 кал/см².

Нетрудно видеть, что световое излучение ядерного

взрыва как поражающий фактор зависит от состояния атмосферы в момент атомного взрыва. При определенном ее состоянии (густой туман, дождь, снегопад) поражения за счет светового излучения будут иметь место на меньших расстояниях, чем в хорошую погоду. Это является особенностью светового излучения как поражающего фактора по сравнению с другими поражающими факторами (ударной волной, проникающей радиацией и радиоактивным заражением местности) атомного взрыва. Наоборот, радиоактивное заражение местности при воздушном взрыве в условиях тумана, дождя и снегопада может быть значительно увеличено. Но нельзя также забывать о том, что в условиях очень хорошей погоды на открытой местности при воздушном взрыве ядерной бомбы, эквивалентной 20 тыс. т тротила, действие ударной волны и проникающей радиации на людей сказывается на расстояниях до 2000 м от эпицентра взрыва. Под действием же светового излучения могут быть ожоги открытых частей тела на расстояниях до 4000 м.

В заключение этого раздела следует сказать несколько слов о **форме светового импульса.** Формой светового импульса называют зависимость (в частности, выраженную в виде графика) между интенсивностью освещения и временем. Выше были приведены величины световых импульсов, то есть количество энергии, падающее на 1 см^2 поверхности тела (перпендикулярной падающим лучам) за все время свечения огненного шара. На практике иногда важно знать интенсивность поступления энергии на каком-либо расстоянии от центра взрыва (интенсивность освещения). Это нетрудно рассчитать на основании кривой, приведенной на рис. 47, и формулы для определения величины светового импульса. Зависимость интенсивности освещения от времени на расстоянии двух километров от центра ядерного взрыва (форма импульса) для двух состояний атмосферы приведена на рис. 52. Очевидно, площадь, ограниченная каждой кривой и горизонтальной осью, дает величину светового импульса на данном расстоянии от центра взрыва при данном состоянии атмосферы.

Зависимость светового импульса от калибра ядерного заряда. Величины световых импульсов, приведенные выше, относились к ядерным зарядам, эквивалентным

20 тыс. т тротила. По формуле легко также подсчитать значения световых импульсов на различных расстояниях от центра или эпицентра ядерного взрыва для любого другого значения тротилового эквивалента при любом состоянии атмосферы. Для примера в таблице 5 приведены значения световых импульсов (рассчитанные по приведенной выше формуле) на разных расстояниях от

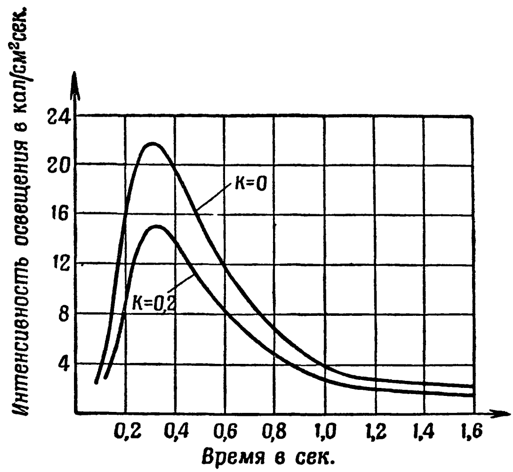


Рис. 52. Форма светового импульса на расстоянии 2 км от центра взрыва для двух состояний атмосферы характеризуемых коэффициентами ослабления $\kappa = 0$ (ослабление отсутствует) и $\kappa = 0{,}2\ \frac{1}{\text{км}}$ (дальность видимости 20 км)

центра воздушного взрыва для двух калибров атомных бомб, с тротиловым эквивалентом 20 тыс. и 100 тыс. тонн. Импульсы рассчитаны для трех состояний атмосферы, определяемых коэффициентами ослабления $\kappa = 0$, $\kappa = 0{,}08$ и $\kappa = 0{,}2 \frac{1}{\text{км}}$.

Как следует из формулы для светового импульса, если известна величина светового импульса U_1 на каком-либо расстоянии для заряда с тротиловым эквивалентом q_1, то можно найти для этого же расстояния величину

светового импульса U_2 для ядерного заряда с тротиловым эквивалентом q_2. В случае, когда ослаблением светового излучения в атмосфере можно пренебречь, формула для определения импульса U_2 будет иметь вид

$$U_2 = U_1 \frac{q_2}{q_1}.$$

Таблица 5

Значения световых импульсов на разных расстояниях от центра воздушного ядерного взрыва

Расстояние от центра взрыва, км	Ядерный заряд, эквивалентный 20 тыс. т тротила			Ядерный заряд, эквивалентный 100 тыс. т тротила		
	$к = 0$	$к = 0{,}08$	$к = 0{,}2$	$к = 0$	$к = 0{,}08$	$к = 0{,}2$
1	55,0	53,0	47,0	280,0	260,0	240,0
2	14,0	12,0	9,6	70,0	61,0	49,0
3	6,2	4,8	3,5	31,0	25,0	18,0
4	3,5	2,6	1,6	17,2	13,0	8,3
5	2,2	1,5	—	11,0	7,6	4,3
6	—	—	—	7,7	4,9	2,5
7	—	—	—	5,7	3,3	1,5
8	—	—	—	4,3	2,4	—
9	—	—	—	3,1	—	—
10	—	—	—	2,8	—	—
11	—	—	—	2,3	—	—
12	—	—	—	1,9	—	—

Покажем применение этой формулы на примере. На расстоянии 2 км от центра взрыва световой импульс для заряда с тротиловым эквивалентом $q_1 = 20$ тыс. т будет равен $U_1 = 14$ кал/см^2. На том же расстоянии при взрыве заряда с тротиловым эквивалентом $q_2 = 100$ тыс. т световой импульс на основании формулы имеет значение

$$U_2 = 14 \frac{100\,000}{20\,000} = 70 \text{ кал/см}^2.$$

Величина светового импульса при наличии облаков. Выше было установлено, что в условиях тумана, дождя, снегопада и т. п. световые импульсы могут быть меньше, чем при хорошей погоде, за счет ослабления светового

излучения. Совершенно другое положение может быть при взрыве атомной бомбы при наличии облаков. Представим себе плотные облака на небольшой высоте над землей и атомный взрыв между поверхностью земли и облаками. В этом случае световые импульсы, полученные объектами, расположенными на различных расстояниях от эпицентра взрыва, будут больше по сравнению со световыми импульсами, полученными при безоблачной погоде. Это происходит потому, что световое излучение, испускаемое огненным шаром вверх, частично отражается от облаков и возвращается на землю (рис. 53).

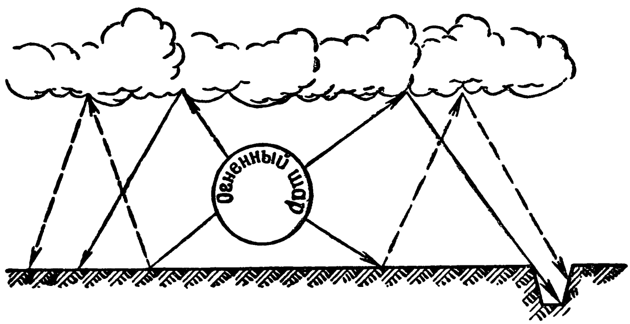


Рис. 53. Схема отражения светового излучения от облаков

Увеличению светового импульса, кроме того, способствует световое излучение, испускаемое огненным шаром в направлении земли. Падая на землю, световое излучение частично отражается, идет к облакам, отражается ими и снова возвращается к земле. Для данного расстояния от эпицентра взрыва степень увеличения светового импульса при наличии облаков зависит от многих причин: от высоты облаков над поверхностью земли, толщины облаков, отражательной способности земного покрова и т. д.

Толщина облака определяет его способность отражать световое излучение, причем чем толще облако, тем больше отражается падающей на него световой энергии.

Приближенная зависимость отражения светового излучения от толщины облака, выраженная в процентах,

показана на рис. 54. Из кривой, дающей примерную зависимость отражения световой энергии от толщины облака, видно, что уже при толщине облака, равной 700—800 м, отразится примерно 75—80% падающего на него светового излучения. Средний коэффициент отражения облаков, рассчитанный с учетом распространенности облаков различных форм и различной толщины (мощности), составляет около 50—55%. Наличие облаков при

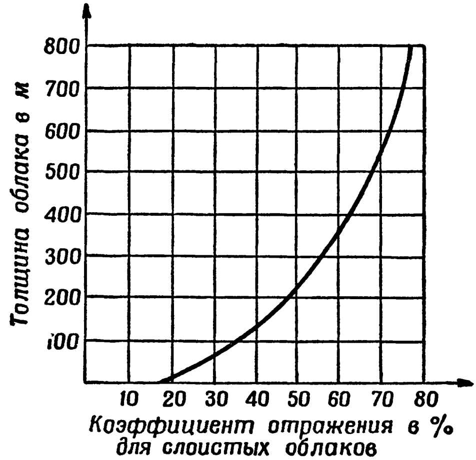


Рис. 54. Зависимость коэффициента отражения светового излучения от толщины облаков

атомном взрыве, таким образом, предъявляет дополнительные требования к защитным сооружениям.

В самом деле, световым излучением ядерного взрыва, отраженным от облаков, люди могут получить ожоги, находясь в окопе открытого типа (что нетрудно видеть из рис. 53), несмотря на то что они будут защищены от прямых световых лучей. Некоторые расчеты дают возможность сделать заключение, что в условиях, когда облака и земной покров (например, снег) отражают около 75—80% падающей на них световой энергии, величина светового импульса на некоторых расстояниях от эпицентра взрыва (отношение высоты облаков над поверхностью земли к расстоянию от эпицентра взрыва составляет $0{,}5 \div 1{,}0$) за счет только отраженной доли свето-

вого излучения от облаков и земли может доходить до половины величины светового импульса, созданного прямыми лучами света, идущими непосредственно от огненного шара.

Это обстоятельство необходимо учитывать при организации противоатомной защиты.

Учитывая сказанное, сооружения для защиты от светового излучения ядерного взрыва так же, как и от ударной волны, проникающей радиации и заражения радиоактивными веществами, необходимо делать с верхним перекрытием.

4. Поражающее действие светового излучения ядерного взрыва

Световая энергия U (световой импульс), падающая на тело при излучении огненного шара, частично отражается поверхностью тела, частично поглощается им и частично проходит через него, если тело прозрачно. Схематически распределение падающей на тело световой энергии показано на рис. 55. На рисунке обозначено: жирной стрелкой— падающая на тело световая энергия U, волнистой линией с цифрой 1 — поглощенная энергия U_1, цифрой 2 — отраженная часть световой энергии U_2, цифрой 3 — прошедшая сквозь тело энергия U_3. Согласно сказанному, легко написать равенство $U = U_1 + U_2 + U_3$. В окружающей нас обстановке большинство тел почти совсем непрозрачны ($U_3 = 0$ за исключением стекол), поэтому можно сказать, что одна часть падающей на тело световой энергии отражается от него, а другая часть поглощается им, то есть $U = U_1 + U_2$. Нас должна интересовать та часть световой энергии, падающей на тело, которая поглощается телом, U_1. Тело, поглощая энергию, нагревается до той или иной температуры. А в зависимости от того, до какой темпе-

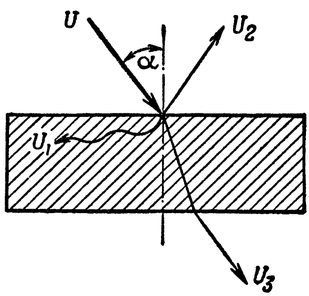


Рис. 55. Схема распределения падающей на тело световой энергии (светового импульса):

U_1 — поглощенной телом; U_2 — отраженной; U_3 — прошедшей сквозь тело

ратуры оно нагревается, осуществляется та или иная степень его поражения — обугливание, воспламенение, оплавление материалов или ожоги частей тела человека. Рассмотрим вначале, какая часть падающей световой энергии поглощается телом.

Поглощение световой энергии различными телами. При одной и той же падающей световой энергии (одном и том же световом импульсе) различные тела поглощают различные количества этой энергии. Например, тело с темной поверхностью поглощает значительно больше световой энергии, чем с белой. В жизни это свойство тел используется широко: белые летние костюмы, белая краска для вагонов-ледников, цистерн и других сооружений применяется, когда нагревание тел под действием светового излучения солнца нежелательно. Для характеристики поглощательной и отражательной способностей тел обычно пользуются коэффициентами поглощения и отражения, которые обозначаются соответственно через κ_1 и κ_2.

Коэффициент поглощения $\kappa_1 = \frac{U_1}{U}$ численно равен отношению световой энергии, поглощенной телом, к световой энергии, падающей на него. Коэффициент поглощения — это число, показывающее, какую часть светового импульса поглощает данное тело.

Коэффициент отражения $\kappa_2 = \frac{U_2}{U}$ численно равен отношению световой энергии, отраженной телом, к световой энергии, падающей на него. Коэффициент отражения — это число, показывающее, какую часть светового импульса отражает данное тело. Коэффициент поглощения и отражения, как видно из определения, всегда меньше единицы. Но сумма их для непрозрачного тела, согласно закону сохранения энергии, равна единице: $\kappa_1 + \kappa_2 = 1$. Это значит, что если известен один из них для данного тела, то другой находится вычитанием известного из единицы. Например, белая бумага имеет коэффициент отражения $\kappa_2 = 0{,}80$, коэффициент поглощения будет равен $\kappa_1 = 1 - 0{,}80 = 0{,}20$. Часто коэффициенты поглощения и отражения выражают в процентах. Следовательно, белая бумага поглощает 20% световой энергии, падающей на нее. Коэффициент поглощения зависит от цвета тела, а также в значительной степени и

от состояния поверхности этого тела. Например, шероховатая поверхность поглощает больше световой энергии, чем гладкая или полированная, влажная поверхность также поглощает больше, чем сухая, и т. д. Но не только от состояния поверхности тела зависит коэффициент поглощения. Он зависит и от длины волны падающего на тело излучения.

На рис. 56 показано примерное изменение коэффициента поглощения кожи человека от длины волны падающего светового излучения. На рисунке показана эта зависимость для некоторого среднего случая. По горизонтальной оси на рисунке отложена длина волны света в микронах, а по вертикальной оси — коэффициент поглощения. За многие тысячелетия существования человека его кожа хорошо приспособилась к падающим на нее солнечным лучам. Коротковолновые ультрафиолетовые лучи достигают поверхности земли в очень малом количестве, зато кожа их почти полностью поглощает, отражая только около 3% энергии этих лучей. На рис. 56 можно видеть, что в видимой области (длина волны 0,4—0,8 микрона), где излучается очень много солнечной энергии, поглощение кожи, напротив, мало: 65% этой энергии поглощается, а 35% отражается. Этим самым ослабляется могущее быть излишним действие излучения на кожу. С увеличением длины волны в инфракрасной области спектра солнечная энергия уменьшается, а коэффициент поглощения кожи увеличивается.

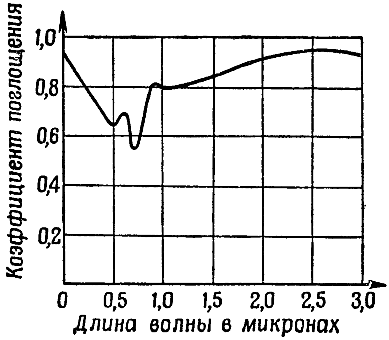


Рис. 56. Изменение по спектру коэффициента поглощения кожи человека от длины волны светового излучения.

Кожа человека по-разному пропускает волны различной длины. Так, ультрафиолетовая часть спектра поглощается полностью слоем кожи толщиной в несколько сотых долей миллиметра; с увеличением длины волны увеличивается и прозрачность кожи, достигая наибольшей степени при длине волны инфракрасных лучей

0,8 микрона. Для более длинных инфракрасных лучей прозрачность кожи опять уменьшается.

Для пахотной земли и зеленой листвы зависимость коэффициента отражения (поглощения) от длины волны показана на рис. 57.

Ввиду сложной зависимости коэффициента поглощения от длины волны пользуются обычно средними коэффициентами поглощения для всех трех участков свето-

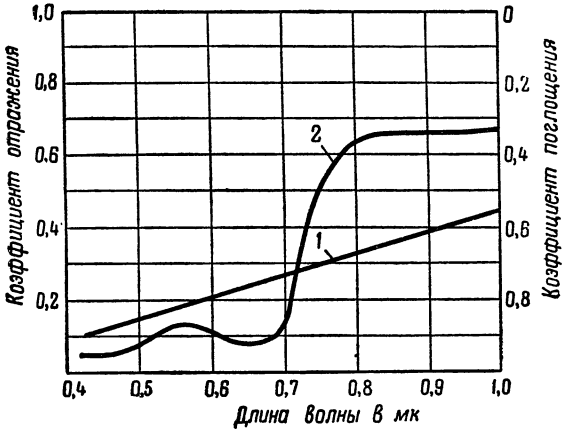


Рис. 57. Зависимость коэффициента отражения (поглощения) от длины волны света для:

1 — пахотной земли; 2 — зеленой листвы

вого спектра (ультрафиолетового, видимого и инфракрасного). Средний коэффициент поглощения нетрудно подсчитать для каждого материала, если имеется кривая, подобная кривой, показанной на рис. 56 и 57. Но вопрос осложняется тем, что интенсивность излучения для разной длины волны, согласно закону Планка, разная. Поэтому для каждого материала средняя по спектру величина коэффициента отражения (поглощения) зависит от спектрального состава падающего излучения, который определяется температурой источника света.

Как уже отмечалось, средний спектр излучения светящейся области близок к спектру солнечного излучения. Поэтому на практике при оценке поглощательной способности светового излучения различными телами поль-

зуются коэффициентами отражения (поглощения), полученными для солнечного излучения.

Исходя из этого, для кожи человека средний коэффициент поглощения будет равен 0,65, то есть кожа поглощает около 65% падающего на нее светового излучения (светового импульса).

Разные материалы в среднем поглощают следующее количество падающего на них светового излучения: краска белая — 18%; краска черная — 96%; черепица красная и коричневая — 70%; материал цвета хаки — 60%; материя белая — 25%; черное сукно — 99%; бумага белая — 20%; сухая трава, высохшая на солнце, хлопок — 80% и т. д.

Чем больше коэффициент поглощения поверхности тела, тем больше это тело поглощает световой энергии, тем до большей температуры оно нагревается. Количество светового излучения, которое поглощается одним сантиметром поверхности освещаемого тела, называется **тепловым импульсом** и находится по формуле

$$U_т = U \cdot к_1 \cdot \cos\alpha,$$

где $U_т$ — тепловой импульс в кал/см^2;
U — световой импульс в кал/см^2;
$к_1$ — коэффициент поглощения;
α — угол между направлением распространения света и перпендикуляром к освещаемой поверхности.

Таким образом, при одном и том же световом импульсе каждое тело поглощает разное количество световой энергии, которая определяет степень его поражения.

Зависит ли степень поражения только от величины поглощенной энергии? Оказывается, что та или иная степень поражения — воспламенение, обугливание, оплавление материалов или ожоги тела человека — зависит в сильной степени и от других качеств тела: его теплопроводности, теплоемкости и размеров (толщины).

Но только ли от них? Большое значение имеют и другие факторы.

При ядерном взрыве существенное влияние на степень поражения тел оказывает не только количество световой энергии, но и то, что эта энергия выделяется в сравнительно короткий промежуток времени, исчисляемый секундами. Поглощение светового излучения телами

происходит, очевидно, в течение этого же времени. Благодаря быстрому подводу большого количества тепла к поверхности тела только незначительная часть этого тепла успевает отводиться от поверхностного слоя внутрь тела в результате теплопроводности и наружу, в воздух, вследствие излучения и теплопередачи. Температура поверхности тела очень сильно повышается. В зависимости от того, до какой температуры нагревается поверхность тела, находится и степень его поражения. Если бы испускание (поглощение) того же количества светового излучения происходило в течение более продолжительного времени, то температура поверхности была бы значительно ниже, так как вследствие теплопроводности большая часть энергии отвелась бы от поверхности в глубь тела, а другая часть излучилась бы в окружающую среду или была бы непосредственно передана воздуху. Следовательно, поражение тела было бы меньше или совсем отсутствовало, хотя общее количество поглощенной световой энергии осталось бы тем же. Это наглядно можно показать на таком примере.

За один день на каждый квадратный сантиметр горизонтальной поверхности падает в среднем следующее количество светового излучения солнца для разных пунктов Советского Союза: Иркутск — 165 калорий, Тбилиси — 206 и Ташкент — 278 калорий.

Если бы такое количество световой энергии падало на квадратный сантиметр поверхности при атомном взрыве (за 3 сек.), то многие вещества воспламенились, некоторые металлы оплавились, а открытые части тела человека обуглились. Однако этого не бывает с телами от излучения солнца, потому что нагревание происходит в течение длительного времени. Из этого можно сделать заключение, что при одной и той же величине светового импульса у двух атомных бомб степень поражения будет сравнительно меньше у той атомной бомбы, время свечения огненного шара которой больше. Опыт показывает, что чем меньше интенсивность освещения поверхности тела, тем большее нужно время освещения, то есть световой импульс для нанесения одной и той же степени поражения. Например[1], при интенсивности освещения

[1] Д. И. Лоусон. Атомная бомба и пожары. Перевод с английского. Издательство иностранной литературы, 1955.

0,8 кал/см²сек. воспламенение хлопчатобумажной ткани происходит через семь секунд; при интенсивности освещения 1,0 кал/см²сек. воспламенение ткани происходит через пять секунд, а при интенсивности освещения 1,3 кал/см²сек. воспламенение той же ткани происходит уже через три секунды. Значит, для хлопчатобумажной ткани в первом случае световой импульс равен 5,6 кал/см², во втором — 5 кал/см², а в третьем — 3,9 кал/см². Так как при взрыве водородной бомбы свечение огненного шара продолжается большее время, чем при взрыве атомной бомбы, то для одного и того же светового импульса интенсивность освещения при взрыве водородной бомбы будет меньше. Следовательно, одна и та же степень поражения при взрыве водородной бомбы будет получаться при большем световом импульсе, чем при взрыве атомной бомбы.

Приведем теперь формулы для определения температуры тела при действии светового излучения ядерного взрыва.

Для тонких металлических листов (крыши домов, обшивка самолетов) прогрев можно считать на всю глубину одинаковым. При действии светового излучения повышение температуры листа (по сравнению с начальной) будет определяться по известной из курса физики формуле:

$$\Delta T = \frac{U_т}{\gamma c \delta}\ °C.$$

Здесь: $U_т$ — тепловой импульс в кал/см²;
γ — удельный вес материала в г/см³;
c — теплоемкость материала в кал/г град;
δ — толщина листа в см.

В приведенной формуле произведение $\gamma \cdot c = c_v$ есть объемная теплоемкость, измеряемая в $\frac{кал}{см^3\ град}$.

Для толстых материалов (броня танков, кораблей и другие предметы вооружения) за сравнительно короткое время освещения материал не успевает прогреться на всю глубину одинаково. Наибольшую температуру будет иметь освещаемая поверхность. Повышение температуры наружной поверхности к концу действия

светового излучения будет в этом случае происходить по закону [1],

$$\Delta T = \frac{AU_{т}}{\sqrt{t_{осв}}}.$$

Здесь: A — коэффициент пропорциональности;

$t_{осв}$ — время воздействия светового излучения.

Между прочим, из последней формулы легко получить приближенную зависимость величины светового импульса, необходимого для нанесения той или иной степени поражения данному материалу, в зависимости от калибра ядерной бомбы. Как видно из формулы, для одной и той же температуры поверхности (при которой происходит поражение материала) величина импульса прямо пропорциональна корню квадратному из времени освещения $t_{осв}$ (время действия светового излучения). Как уже отмечалось, время действия светового излучения приблизительно прямо пропорционально корню кубическому из калибра бомбы q. Тогда величина светового импульса U_2, необходимая для нанесения одной и той же степени поражения материала от бомбы калибра q_2, будет определяться из выражения

$$U_2 = U_1 \sqrt[6]{\frac{q_2}{q_1}},$$

где U_1 — известная величина светового импульса, необходимая для нанесения той же степени поражения от бомбы калибра q_1.

По данным иностранной печати [2] (полученным при испытаниях), приблизительные величины световых импульсов, необходимых для нанесения одной и той же степени поражения различным материалам для двух калибров ядерных бомб — 20 тыс. и 1 млн. т,— приведены в табл. 6.

Здесь же, в последнем столбце таблицы, в скобках приведены значения световых импульсов, рассчитанные по выше приведенной формуле. Как видим, световые импульсы, полученные на практике и рассчитанные по фор-

1 «Nature» за 1949 г.

2 «The Effects of Nuclear Weapons», Washington, 1957.

Таблица 6

Значения световых импульсов, вызывающих поражения различных материалов

Материал	Световой импульс, кал/см²	
	20 тыс. т	1 млн. т
Драпировка (темно-красного цвета) . .	9	16(17,3)
Хлопчатобумажная ткань для штор (белая)	16	30(30,7)
Газетный лист	3	6(5,8)
Сосновая стружка (светло-желтая) . .	5	12(9,6)
Сухое гнилое дерево	4	9(7,7)
Опадающие листья (сухие)	6	12(11,5)
Тонкая трава (сухая)	5	10(9,6)

муле, близки друг к другу. Выше рассматривалось влияние теплоемкости, теплопроводности, толщины тела и времени освещения на степень поражения тела.

На степень поражения будут влиять и другие факторы, например влажность материалов, обработка их поверхности: окраска, лакировка и т. д. Вообще говоря, очень трудно точно определить условия, при которых возможно воспламенение или обугливание материалов. То же самое можно сказать и об ожогах кожи. Считается, что при быстром подводе тепла (при атомном взрыве), происходящем в результате поглощения светового излучения большой интенсивности, определяющим для поражения является общее количество световой энергии, падающее на единицу освещаемой поверхности, то есть световой импульс. Световые импульсы, необходимые для нанесения той или иной степени поражения, для большинства материалов определены экспериментально. Они частично были указаны выше и будут приведены еще в следующих параграфах.

В большинстве случаев справедливыми остаются следующие общие выводы. Темные ткани поглощают излучение в большей степени, чем светлые. Однако и здесь имеются отличия в зависимости от метода окраски и характера волокна. Шерсть более стойка к действию светового излучения, чем хлопок или искусственное волокно.

Для нанесения поражения легким материалам нужно меньше световой энергии, чем тяжелым. Необходимая энергия (при одинаковом времени воздействия излучения) приблизительно пропорциональна весу ткани на единицу площади. Для поражения влажных материалов нужен световой импульс больше, чем для сухих.

Для нанесения одной и той же степени поражения материалу при взрыве ядерного заряда большего калибра требуется больший световой импульс, чем в случае меньшего калибра.

Ожоги под действием светового излучения. Действие светового излучения на людей при ядерном взрыве выражается в появлении ожогов различных степеней. Различают на практике два типа ожогов: ожоги непосредственно под действием светового излучения и ожоги пламенем, возникшим при возгорании различных материалов под действием светового излучения. Ожоги пламенем характерны для городов и населенных пунктов. Это ожоги от возникших там пожаров, а также от воспламенившейся одежды. На открытой местности (на поле боя) наибольшее количество ожогов, по-видимому, будет от непосредственного действия светового излучения атомного взрыва. Не исключаются, конечно, ожоги от воспламенившейся одежды и различных материалов. Кроме того, возможны ожоги запыленным воздухом, сильно разогретым световым излучением взрыва и приведенным в движение ударной волной.

По иностранным данным [1], примерно 50% всех смертельных случаев, происшедших в результате атомных бомбардировок японских городов Хиросима и Нагасаки, было вызвано различного рода ожогами, причем из этого числа 20—30% случаев было вызвано ожогами непосредственно световым излучением, а остальные — ожогами пламенем от возникших пожаров.

Три четверти всех пострадавших от атомных взрывов получили ожоги. В Хиросиме, например, сообщалось о 40 тыс. относительно серьезных случаев ожогов. Не считая других возможных ранений, световые ожоги должны были быть смертельными почти для всех лиц, находившихся на открытом месте, без существенной защиты, на расстоянии до 1800 м или более от эпицентра взрыва.

[1] «The Effects of Atomic Weapons», New York—London, 1950.

Даже на расстоянии от 3500 м до 4200 м наблюдались случаи световых ожогов, которые были достаточно серьезными и требовали лечения.

Больше всего ожогов световым излучением было у лиц, находившихся на открытом месте. Тем не менее было много ожогов и среди лиц, находившихся в помещениях, так как большинство окон было открыто в связи с летней погодой.

Большое количество ожогов явилось следствием внезапности атомного нападения, отсутствия организованной противоатомной защиты в этих городах, наличия значительного количества деревянных, непрочных зданий, а также отсутствия организованной борьбы с возникшими при взрывах пожарами.

Высокий процент ожогов от светового излучения в Японии, несомненно, был связан также с теплой ясной летней погодой, стоявшей во время взрыва. В холодную погоду люди носили бы плотную одежду, поэтому ожогов было бы значительно меньше.

Так как ожоги пламенем не являются характерными для войск на поле боя, то мы здесь их рассматривать не будем.

Рассмотрим более подробно ожоги непосредственно под действием светового излучения атомного взрыва. По внешнему виду ожоги от действия светового излучения атомного взрыва не отличаются от обычных ожогов пламенем. Световое излучение в первую очередь воздействует на открытые части тела: кисти рук, лицо, шею, а также глаза.

Различают ожоги **первой, второй** и **третьей степени.** Степень ожогов зависит от величины светового импульса, то есть от удаления людей от места, и вида атомного взрыва, продолжительности воздействия светового излучения, положения человека по отношению к взрыву и качества одежды.

Ожог первой степени вызывается световым импульсом, равным примерно 2—4 кал/см^2. (Нижние пределы относятся к бомбам малого калибра, верхние — крупного калибра.)

Ожог этой степени сопровождается покраснением кожи и некоторой болезненностью. При подобных ожогах рук, лица, шеи работоспособность в значительной мере сохраняется и пораженные могут принимать участие

в продолжении боя. Ожоги первой степени заживают сравнительно быстро.

Ожоги второй степени характеризуются образованием пузырей и требуют специального более длительного лечения. Такие ожоги возникают при значениях световых импульсов 4—10 кал/см^2.

Как правило, ожог второй степени лишает пострадавшего всякой работоспособности. Поэтому считают, что все лица, попавшие под воздействие светового излучения ядерного взрыва на таком расстоянии, где световой импульс достаточен, чтобы вызвать ожоги второй степени, будут потенциальными потерями. Разумеется, некоторая часть людей из строя не будет выведена, так как многие окажутся в известной мере защищенными от светового излучения.

Ожоги третьей степени сопровождаются образованием язв, омертвлением кожи и подкожных тканей. Такие ожоги возникают при значениях световых импульсов 10—15 кал/см^2. При световом импульсе свыше 15 кал/см^2 происходит обугливание открытых частей тела. Ожоги третьей степени нуждаются в длительном лечении.

Деление ожогов на три группы в некоторой степени условное, поскольку нет возможности провести резкую разграничительную линию между ожогами первой и второй степени или между ожогами второй и третьей степени. Поэтому при предварительном рассмотрении может оказаться трудным установить различие между сильным ожогом второй степени и слабым ожогом третьей степени. Однако последующая патология поражения обычно делает такое различие возможным.

Степень ожога — не единственный фактор при определении его действия на человека. Размеры пораженной площади кожи также имеют большое значение. Так, например, ожог первой степени по всему телу может оказаться более серьезным, чем ожог третьей степени в каком-нибудь одном месте. Чем больше обожженная площадь, тем больше влияние ожога на весь организм. Кроме того, имеются такие критические участки, например руки, ожоги которых чаще всего выводят человека из строя.

По рис. 51 легко установить расстояния, на которых можно ожидать ту или иную степень поражения при разных состояниях атмосферы.

Для этого нужно на рис. 51 провести прямые линии, параллельные горизонтальной оси, на расстояниях, равных величине импульса, необходимого для нанесения той или иной степени поражения. Выполнив такие построения (для атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т), определим, что ожоги первой степени можно ожидать в ясную погоду на расстоянии 4000—5000 м, ожоги второй степени — на расстоянии до 2500 м и ожоги третьей степени — на расстоянии до 1500 м от эпицентра взрыва. При таком состоянии атмосферы, когда коэффициент ослабления $\kappa = 0{,}2\frac{1}{\text{км}}$, ожоги первой степени возможны на расстоянии до 2700 м, а при $\kappa = 2\frac{1}{\text{км}}$ — до 1200 м.

При взрывах атомных бомб в Хиросиме и Нагасаки (тротиловый эквивалент этих бомб оценивается в 20 тыс. т) обугливание кожи человека наблюдалось в радиусе примерно до 1200 м от эпицентра взрыва. Тепло взрыва ощущалось на расстоянии свыше 9000 м. Установлено, что при воздействии на тело человека в течение одной секунды светового импульса в 0,3 кал/см^2 ощущается слабая боль. Имея кривые величин импульсов с расстоянием для различных состояний атмосферы и различных калибров бомб, можно всегда оценить радиусы поражения световым излучением от этих бомб. Ориентировочные радиусы поражения световым излучением людей в зависимости от величины тротилового эквивалента ядерных бомб (при дальности видимости 25 км) приведены в таблице 7 (при этом учитывалось время действия излучения в зависимости от калибра бомбы) [1].

Хотя от действия светового излучения большей частью поражаются открытые участки тела человека, однако в Хиросиме и Нагасаки были зарегистрированы случаи ожогов кожи, защищенной одним и даже несколькими слоями одежды. Такие случаи наблюдались обычно на тех участках тела человека, к которым одежда плотно прилегала,— на локтях, плечах, талии. Те части тела (спина), где одежда свободно спадала, остались неповрежденными.

[1] «The Effects of Nuclear Weapons», Washington, 1957.

Таблица 7

Радиусы поражения световым излучением людей (в километрах) в зависимости от калибра ядерных зарядов (при прозрачности атмосферы, соответствующей дальности видимости 25 км)

Характер поражения	Тротиловые эквиваленты				
	1000 т	20 тыс. т	1 млн. т	5 млн. т	10 млн. т
Ожог третьей степени	0,6	2,4	12,8	24,0	32,2
Ожог второй степени	0,8	2,9	14,4	28,8	43,3
Ожог первой степени	1,1	4,2	22,4	36,4	51,3

Люди, одетые в темную одежду, получали более сильные ожоги, чем люди, одетые в белую или других светлых тонов одежду. У людей в многоцветной одежде участки тела, находившиеся под рисунками темного цвета, получили более сильные ожоги. Отмечен случай, когда женщина, одетая в цветное платье, получила ожоги тела только в тех местах, которые находились под темными рисунками ткани (рис. 58).

Степень ожога защищенных участков тела человека в большой степени определяется толщиной и плотностью одежды. Например, были отмечены случаи, когда люди, одетые в форму цвета хаки, не получили ожогов тела, хотя находились на расстоянии 1500 м от места взрыва (на этом расстоянии на открытых участках тела наблюдались ожоги третьей степени).

Действие светового излучения на глаза людей при взрыве ядерных зарядов оказывается незначительным. Даже те люди, которые смотрели в сторону взрыва, только временно потеряли зрение. Это объясняется тем, что действенную защиту оказывал мигательный рефлекс. Время зажмуривания меньше 0,1 сек., то есть во много раз меньше, чем время действия светового излучения. Многочисленные ожоги век (а не глаз) в Хиросиме и Нагасаки подтверждают, что мигательный рефлекс при яркой вспышке имеет большое значение с точки зрения защиты глаз от светового излучения ядерного взрыва.

Значительно опаснее для зрения ядерный взрыв на большой высоте, происходящий хотя бы и на большом расстоянии. Это обусловлено тем, что при таком взрыве излучение осуществляется очень быстро и глаз не успевает закрыться.

С целью защиты глаз от светового излучения никогда не следует при взрыве стараться увидеть огненный шар.

Отличительная особенность ожогов световым излучением

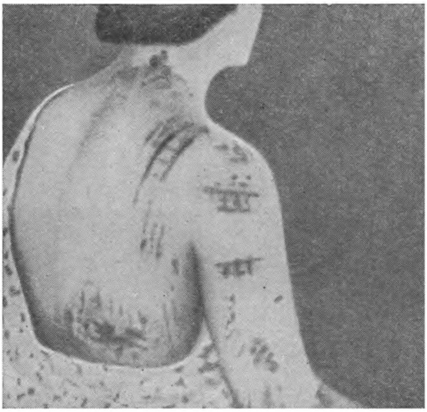


Рис. 58. Ожоги, полученные человеком в результате воздействия светового излучения. Кожа обожжена только в местах, закрытых темным рисунком ткани

такова, что они строго ограничены незащищенными участками кожи, которые были обращены к центру взрыва (источнику светового излучения). Такие ожоги были названы «профильными ожогами». На закрытых или теневых участках тела ожогов, как правило, не имелось. Это объясняется тем простым фактом, что световое излучение распространяется прямолинейно (в ясную погоду) и, следовательно, действует главным образом на те участки кожи, которые не защищены. Можно привести следующие примеры «профильных ожогов» в городах Хиросима и Нагасаки.

Человек сидел у окна и писал; его руки были сильно обожжены, однако ничем не прикрытые лицо и шея ока-

зались лишь незначительно обожженными только потому, что угол падения лучей был таким, что они не оказали существенного воздействия на туловище и лицо человека (угол падения был большой).

Солдаты, находившиеся в полуодетом виде на расстоянии 1800 м от места взрыва, получили ожоги только на одной стороне тела, обращенной к источнику светового излучения. На рис. 59 показан «профильный ожог»,



Рис. 59. «Профильный ожог». Шапка предохранила верхнюю часть головы от ожога

полученный в результате воздействия светового излучения. Шапка оказалась достаточной защитой и предохранила верхнюю часть головы от ожога.

Значит, человек, находящийся в тени[1], создаваемой каким-либо предметом, при распространении светового излучения может полностью избежать ожогов.

Следует помнить, что любая непрозрачная преграда, защищающая от прямого действия света, в большинстве случаев полностью исключает ожоги. Обычное обмундирование также оказывает защитное действие от светового излучения атомного взрыва.

[1] Имеется в виду тень от светового излучения ядерного взрыва.

Действие светового излучения на различные материалы. Под действием светового излучения ядерного взрыва могут наблюдаться не только ожоги частей тела. Световое излучение вызывает возгорание и обугливание различных горючих материалов. Непосредственно на поле боя под действием светового излучения могут возгораться или обугливаться деревянные детали вооружения и техники, воспламеняться чехлы, резиновые катки у танков и автомашин, может обгорать краска танков и других предметов вооружения.

Под действием светового излучения в засушливое время года могут возникнуть пожары в лесу, степи. Большой опасности будут подвергаться склады горюче-смазочных материалов, боеприпасов и другого имущества. В условиях военно-морской базы могут воспламениться причальные сооружения, мелкие деревянные плавсредства, пирсы. На кораблях может произойти воспламенение брезентовых чехлов, деревянных настилов и рангоутов, пеньковых тросов и т. д. Боевой корабельной технике световое излучение серьезных повреждений причинить не может. В отдельных случаях, при прямом воздействии светового излучения, возможно обугливание резиновых амортизаторов, обгорание или потемнение краски на кораблях и т. д.

При взрыве ядерного заряда в условиях аэродрома под действием светового излучения может произойти обгорание лакокрасочных покрытий самолетов, воспламенение чехлов, шторок в кабинах самолетов, парашютных сумок, ветоши и т. д.

В населенных пунктах под действием светового излучения могут возникнуть пожары за счет воспламенения деревянных построек, заборов, сараев, складов тары и т. д.

Ориентировочные значения световых импульсов, вызывающих обугливание и устойчивое горение некоторых материалов, а также расстояния, на которых происходит горение этих материалов при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом, равным 20 тыс. т, при вполне ясной погоде, когда ослаблением светового излучения в атмосфере можно пренебречь, приведены в таблице 8.

Наибольшую опасность в пожарном отношении представляют рыхлые горючие материалы: сено, солома, стружки.

Таблица 8

Ориентировочные значения световых импульсов, вызывающих обугливание и устойчивое горение

Материал	Световой импульс, кал/см²		Расстояние от эпицентра взрыва, м
	обугливание	устойчивое горение	
Доски сухие, неокрашенные . .	4—5	40—50	1100—1300
Доски, окрашенные белой краской	30—40	100—150	—
Сухое сено, солома	2—3	4—6	3000—3500
Брезент	30	40	1200
Хлопчатобумажная ткань светлая	4—6	10—15	2000—2500
Хлопчатобумажная ткань темная	2—3	4—6	3000—3500
Материал цвета хаки	4—6	8—10	2500—2700
Синтетический каучук	—	8—10	2500—2700
Бакелит	75	—	—

Приведенные импульсы соответствуют материалам, находящимся в сухом состоянии. Для нанесения гех же степеней поражения влажным материалам требуются импульсы в несколько раз (в два — три и более в зависимости от влажности материала) больше приведенных. Значит, в дождливую погоду площадь поражения световым излучением будет меньше не только за счет ослабления светового излучения атмосферой, но и вследствие того, что для нанесения одной и той же степени поражения нужны бо́льшие импульсы. При наземном (надводном) ядерном взрыве расстояния, на которых происходит такое же поражение, будут меньше, чем при воздушном взрыве, так как часть световой энергии экранируется и поглощается пылью, поднятой ударной волной.

В иностранной печати отмечается, что возникновение пожаров, вызываемых световым излучением при воздушном взрыве ядерного заряда, эквивалентного 20 тыс. т тротила, наиболее вероятно в зоне от 0,8 до 3 км от эпицентра взрыва. Некоторые наружные очаги пожара, возникающие на расстояниях свыше 1 км от эпицентра, тушатся (сбивается пламя) ударной волной, которая приходит на эти расстояния по окончании эффективного действия светового излучения. Поэтому маловероятно, что на близких расстояниях пожар начнется с внешних поверхностей строений. Главная опасность — это загорание материалов (занавесей на окнах, обоев, ковров,

одежды, обивки на мебели и пр.), находящихся внутри зданий под действием светового излучения, прошедшего через окна. Примерно 80—90% падающего света видимой и близкой инфракрасной областей спектра (до трех микрон) пропускается оконным стеклом. А для воспламенения тюлевых занавесей нужен световой импульс, равный 12—15 кал/см².

Следует помнить, что почти любая тонкая горючая хозяйственная ткань загорается, если она получает световой импульс порядка 10 кал/см².

Очаги огня, возникшие внутри помещений, не тушатся ударной волной. Таким образом, в результате воздействия светового излучения в помещениях, окна которых обращены в сторону взрыва, может возникнуть множество небольших, быстро разгорающихся очагов пожара. Для борьбы с развивающимися пожарами необходимо как можно быстрее ликвидировать начальные очаги огня. Большое значение имеют заранее проведенные противопожарные мероприятия.

Как уже отмечалось, в населенных пунктах пожары могут возникнуть также из-за вторичных причин, например в результате разрушений печей, котлов, коротких замыканий в электросети, разрывов газопроводов и т. д. Однако количество пожаров и общая площадь, пострадавшая от огня, будут зависеть от многих причин: от рельефа местности, на которой расположен город, от скученности зданий, их воспламеняемости, направления ветра, метеорологических условий и т. д. Поэтому трудно заранее определить общую площадь, пострадавшую от огня.

Например, при атомной бомбардировке в Хиросиме, расположенной на равнинной местности и имевшей большую плотность застройки, возникло одновременно много очагов пожаров. Дым и горячий воздух, поднимаясь вверх, вызывали сильную тягу к центру пожара, которая еще больше усилила пожар. Скорость ветра достигала 60 км/час. В результате через 20 минут после взрыва возникла так называемая «огненная буря». Она утихла только через шесть часов, причем известную роль в этом сыграл сильный дождь, последовавший за взрывом. Узкие улицы и сплошные завалы на них не давали возможности населению выйти из района, охваченного пожаром. Вот почему половина смертных случаев была

вызвана огнем, а три четверти пострадавших от взрыва получили ожоги. В условиях дезорганизованной пожарной службы пожары не могли быть потушены.

Как уже отмечалось, в Хиросиме 70% противопожарного оборудования было уничтожено в результате разрушения пожарных депо и 80% их личного состава не могли принять участие в тушении пожара. Разрастанию пожаров способствовал еще тот факт, что как в Хиросиме, так и в Нагасаки была нарушена почти полностью система водоснабжения. Были серьезно повреждены распределительные трубы и магистрали, в результате чего появилась утечка воды и упало ее давление.

В результате этого пожаром были уничтожены почти все деревянные постройки в зоне радиусом более 3 км от эпицентра взрыва. От пожаров серьезно пострадали и другие постройки и сооружения на большой площади.

Наоборот, в Нагасаки, расположенном на холмистой местности, огненная буря не возникла, так как холмы явились преградой на пути распространения огня и, таким образом, сыграли такую же роль, какую играют просеки, препятствующие распространению огня в лесу. Известно, что на обратных скатах холмов в Нагасаки повреждения домов были незначительными, в то время как в Хиросиме на том же расстоянии от места взрыва (на ровной местности) они были полностью разрушены. Холмы создали также тень и от прямых лучей света огненного шара. Появление огненной бури возможно не только при ядерном взрыве. Известны случаи возникновения множества пожаров и от сбрасывания большого количества фугасных и зажигательных бомб. Например, при бомбардировке Гамбурга во время второй мировой войны одновременно горело 16 тысяч домов, температура воздуха в районе пожара достигла 800°. Воздух в убежищах сильно нагрелся, и находившиеся в них люди погибали от теплового удара. Те же, кто пытался бежать по кварталам, охваченным пожаром, сгорели заживо. Еще до этого большое количество людей погибло от отравления окисью углерода, содержащейся в дыме пожарищ (если в воздухе находится 0,5% окиси углерода, то человек умирает в течение десяти минут). Буря срывала двери в убежищах, после чего туда проникала окись углерода. Всего в Гамбурге погибло 100 тысяч человек. Приведенные примеры говорят о том,

что располагать войска в больших городах во время войны нужно с большой осторожностью.

Детальное изучение крупных пожаров показало, что при прочих равных условиях наиболее важным критерием вероятности распространения огня является расстояние между зданиями. Ясно, что при меньшей плотности застройки района меньше и вероятность того, что огонь будет перекидываться от одной постройки к другой. Далее, чем больше расстояние между зданиями, тем больше возможностей потушить огонь.

Известно также, что скопление горючего материала у построек, особенно деревянных, представляет собой реальную угрозу возникновения пожара.

Было установлено большое значение огнестойкой отделки. В иностранной литературе[1] приводится такой случай при ядерных испытаниях. Два одинаковых дома (каждый имел окно, обращенное к взрыву) находились под воздействием светового излучения в 17 кал/см². В одном доме были обивка из искусственного шелка, хлопчатобумажные коврики и занавески. При взрыве этот дом был немедленно охвачен пламенем и сгорел полностью. В другом доме обивка была из виниловой пластмассы, а коврики и занавески были шерстяными. Хотя пожар в доме и вспыхнул в нескольких местах, однако был потушен пожарной группой, которая пришла в дом через час после взрыва.

Особенности защиты от светового излучения ядерного взрыва. При ядерном взрыве на открытой местности человек получает комбинированное поражение. Поэтому противоатомная защита должна включать мероприятия, предусматривающие защиту от всех поражающих факторов.

Однако, предусматривая комплекс мероприятий, обеспечивающих защиту одновременно от всех поражающих факторов, необходимо знать, какие особенности характеризуют каждый из них в отдельности.

На рис. 60 схематически изображен профиль траншеи. Из рисунка видно, что крутости траншеи дают защиту от прямого действия светового излучения.

Но можно ли сказать, что, обеспечив защиту от прямых лучей света в траншее, мы полностью исключим по-

1 «The Effects of Nuclear Weapons», Washington, 1957.

ражающее действие светового излучения? Этого сказать нельзя. Действительно, лучи, падающие на крутости траншеи, частично отражаются от них (обозначено пунктирными линиями со стрелками на рис. 60). За счет отраженной от крутости траншеи части светового излучения человеку, находящемуся на дне траншеи, могут быть нанесены поражения (ожоги). При одном и том же количестве светового излучения, падающего на крутость

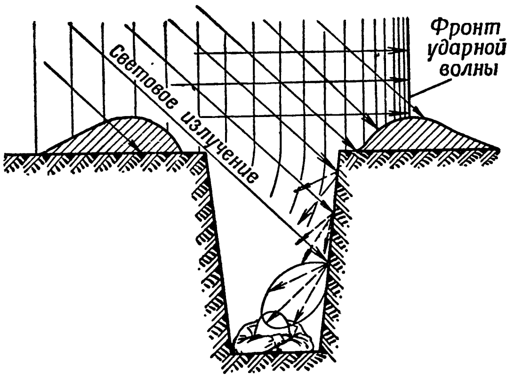


Рис. 60. Траншея ослабляет поражающее действие светового излучения атомного взрыва

траншеи, степень поражения человека, находящегося в ней, зависит от отражательной способности крутости траншеи и распределения отраженного света в пространстве относительно точки падения луча.

Таким образом, нельзя утверждать, что, обеспечив защиту от прямых лучей в открытом окопе или траншее, можно всегда полностью избежать поражения от светового излучения атомного (водородного) взрыва. Тем более этого нельзя сказать при наличии облаков, как уже указывалось выше. В открытом окопе или траншее в момент атомного взрыва нужно лежать лицом вниз, чтобы получить меньшее поражение под действием отраженной части светового излучения от крутости траншеи и облаков, как показано на рис. 60.

Конечно, во многих случаях отражение светового излучения от крутости траншеи может быть и не опасным для лежащего в ней. Однако этот факт нужно учитывать при организации противоатомной защиты.

Каким образом можно повысить защитные свойства фортификационных сооружений? Это достигается, в частности, устройством крытых щелей или покрытием отдельных участков траншей.

Крытый окоп или крытый участок траншеи не только полностью исключает действие светового излучения, но и дает более надежную защиту от проникающей радиации, ударной волны и в некоторой степени от радиоактивной пыли.

Защита от светового излучения значительно более проста, чем защита от других поражающих факторов. Как уже отмечалось, световое излучение в ясную погоду распространяется в основном прямолинейно, поэтому любая непрозрачная преграда, любое тело, дающее тень, могут служить защитой от него.

Следовательно, используя для укрытия окопы, ямы, канавы, воронки, бугры, насыпи, крупные образцы военной техники, кроны деревьев и т. п., можно значительно ослабить или вовсе избежать ожогов от светового излучения. Хорошей защитой от светового излучения могут служить помещения кораблей.

Следует помнить что около 85% световой энергии излучается примерно за одну секунду после взрыва. Поэтому, увидев вспышку, нужно быстро, без всякого промедления, занять ближайшее убежище, находящееся в двух — трех шагах. Если никакого убежища рядом нет, бежать и искать его ни в коем случае нельзя. Нужно быстро лечь на землю лицом вниз, ногами в сторону взрыва. Кисти рук спрятать под себя, глаза закрыть во избежание возможной временной потери зрения. Соблюдение этого правила значительно уменьшит поражение от ударной волны и предохранит открытые участки тела (лицо, руки) от поражения световым излучением.

При воспламенении обмундирования никогда не нужно бежать, так как горение при этом только усилится. Пламя необходимо тушить, прижимаясь горящим местом к земле. Оказывая помощь товарищу, надо накинуть на него плащ-палатку или шинель и плотно прижать ее к телу, как показано на рис. 61. На обожженные места необходимо сразу же наложить повязку, используя индивидуальный перевязочный пакет. Если одежда пристала к обожженному телу, то ее нельзя срывать,

повязку накладывают поверх одежды. Ни в коем случае не следует разрезать образовавшиеся на коже пузыри.

Загоревшуюся растительность, одежду крутостей траншей и окопов и различное имущество и технику нужно тушить песком, землей, огнетушителями или влажными метлами, вениками, ветками.

Борьба с пожарами значительно облегчается при заблаговременном проведении ряда пожарно-профилактических мероприятий. Их целью является: уменьшение



Рис. 61. Горящую одежду нужно тушить плащ-палаткой или шинелью, прижав ее к телу

возможности возникновения пожаров, создание условий, затрудняющих перерастание мелких очагов загорания в пожары, облегчение борьбы с пожарами.

Укажем некоторые из этих мероприятий. Все открытые деревянные части оборонительных сооружений для защиты от светового излучения обязательно обмазывают глиной (землей) или известковым раствором, в одежде крутостей траншей через каждые 40—50 м делают противопожарные разрывы длиной 1—2 м. Вокруг оборонительных сооружений, расположенных в лесу, убирают хворост, хвою и сухую траву, а в населенных пунктах сносят легкие деревянные строения и заборы.

На кораблях легко воспламеняющееся оборудование (чехлы, настилы и т. д.) следует поливать периодически водой из пожарной магистрали, так как для воспламенения или обугливания влажных материалов требуется

гораздо больший (вдвое, втрое и т. д. в зависимости от влажности материала) световой импульс, чем для сухих.

В лесу для прекращения распространения пожаров могут быть сделаны просеки шириной 5—10 м, расчищенные от хвои, валежника и сухой травы, в степи — вспаханные полосы и т. д. Войска должны быть обеспечены противопожарным инвентарем.

Особое значение противопожарные мероприятия приобретают в населенных пунктах. С целью предупреждения пожаров должны быть проведены пожарно-профилактические мероприятия. Очищаются чердачные помещения и лестничные клетки от сгораемых материалов. Открытые деревянные конструкции зданий и сооружений, в том числе и сгораемые конструкции чердаков, в целях повышения их огнестойкости рекомендуется пропитывать или окрашивать специальными огнезащитными составами или обмазывать жидкой глиной. Если чердачные перекрытия имеют сгораемые утеплители (торф, опилки и пр.), то их заменяют на несгораемые или засыпают слоем песка, земли, глины толщиной в 10—15 см.

Некоторые деревянные строения (сараи, дома, заборы и пр.), как уже отмечалось, сносятся, а другие легковоспламеняющиеся материалы (тара, деревянные склады и пр.) убираются или покрываются несгораемыми брезентами.

Чтобы воспрепятствовать проникновению светового излучения внутрь помещений через окна, стекла рекомендуется белить.

Оконное стекло пропускает около 90% падающей на него световой энергии, лежащей в видимой и близкой инфракрасной областях спектра (до трех микрон). В то же время стекло почти полностью поглощает ультрафиолетовые лучи и длинноволновую (свыше трех микрон) часть инфракрасного спектра. Поглощательную способность к видимым и инфракрасным лучам оконного стекла можно повысить, покрыв его побелкой. Простая побелка стекол задержит около 80% светового излучения. Побелку предлагается приготовлять по следующему рецепту [1]: негашеная известь, жир и вода в пропорции 10 : 1 : 30 (покрытие наносится в два слоя с внешней стороны окна).

[1] Д. И. Лоусон. Атомная бомба и пожары. Перевод с английского. Издательство иностранной литературы, 1955.

Чтобы уменьшить разлет стекол от действия ударной волны, их рекомендуется оклеивать белой материей, тюлем или бумагой.

Одежду, книги и другие легковоспламеняющиеся предметы необходимо убирать в плотно закрывающиеся шкафы или ящики. Все излишние запасы горючих материалов из помещений должны быть удалены. Керосин в жилых квартирах разрешается хранить в небольших количествах, в железной, плотно закрывающейся таре. Особое внимание должно быть уделено разъяснению правил пожарной безопасности и пользованию простейшими средствами пожаротушения.

В населенных пунктах должны быть предусмотрены меры тушения пожаров в случае вывода из строя водопровода и т. д.

После взрыва ядерного заряда могут возникнуть одновременно много очагов пожара. Нельзя рассчитывать, что пожарные команды смогут одни бороться с пожарами, охватившими район протяжением в несколько километров. Пожарным командам нужно будет оказать помощь. Необходимо вовремя обнаружить и ликвидировать малые очаги огня, прежде чем они успеют распространиться. Всегда следует помнить один из уроков атомных бомбардировок японских городов Хиросима и Нагасаки. Вследствие разрушения домов, а следовательно, и водопроводных магистралей, прекратилась подача воды.

Поэтому отдельные промышленные предприятия или районы города следует обеспечить цистернами или резервуарами достаточной емкости (в этом отношении важную роль играют пруды) для хранения воды, необходимой для борьбы с очагами пожаров.

Соблюдение этих правил значительно уменьшит количество жертв и возможных пожаров при взрыве атомной бомбы.

Изложенный в этом разделе материал нельзя, конечно, считать исчерпывающим по вопросу защиты от светового излучения. Здесь даются лишь основные сведения. Однако твердое знание поражающих факторов ядерного взрыва и особенностей их действия всегда поможет сделать разумный выбор методов защиты в конкретной обстановке атомного взрыва, снизить потери и ущерб, наносимый им.

ГЛАВА IV

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

1. Радиоактивность

Природа ядерных излучений. Характерной особенностью ядерного взрыва является проникающая радиация, испускаемая ядрами атомов. Эту радиацию называют поэтому также ядерным излучением. Прежде чем изучать ядерное излучение при ядерных взрывах, необходимо ознакомиться с основными свойствами этого явления в общем виде. По своей природе ядерное излучение может быть электромагнитным излучением или потоком быстро двигающихся элементарных частиц (корпускулярное излучение). Энергия квантов видимого света (световых фотонов) составляет всего лишь несколько электрон-вольт, вылетающие же из ядер атомов элементарные частицы могут иметь энергию, равную нескольким миллионам электрон-вольт. Ядерные излучения невидимы и непосредственно не ощущаются человеком. Общим характерным свойством для всех ядерных излучений является способность образовывать в веществе среды, через которую они проходят, электрически заряженные частицы — ионы. Поэтому ядерные излучения принято относить к группе так называемых ионизирующих излучений, в которую, кроме них, входят космическое, рентгеновское и ультрафиолетовое излучения.

Как мы увидим далее, ионизирующее действие этих излучений обусловливает их вредное биологическое действие на живые организмы.

Электромагнитное излучение, испускаемое ядрами атомов, принято называть **гамма-излучением.** Гамма-лучи принципиально не отличаются от коротковолнового рентгеновского излучения, под которым обычно подразумеваются излучения, испускаемые электронной оболочкой атомов и быстрыми электронами при их торможении. Они существуют в виде отдельных порций — квантов, обладающих вполне определенной энергией. Связь между длиной волны электромагнитного излучения и энергией кванта определяется простой формулой $E_\gamma = \frac{1,234 \cdot 10^{-4}}{\lambda}$, где E_γ — энергия кванта в электрон-вольтах; λ — длина волны излучения в сантиметрах.

Чем больше энергия кванта, тем меньше длина волны излучения, и наоборот.

В зависимости от величины энергии квантов принято различать жесткое гамма-излучение ($E_\gamma > 1$ Мэв) и мягкое ($E_\gamma < 1$ Мэв).

Источником гамма-излучения являются «энергетически возбужденные» ядра атомов, то есть ядра атомов, имеющие избыток энергии по сравнению со своим нормальным состоянием. Современной ядерной физикой установлено, что в возбужденном состоянии ядро длительно существовать не может и уже через промежуток времени, равный приблизительно 10^{-13} сек., освобождается от избыточной энергии чаще всего путем испускания одного или нескольких γ-квантов.

Возбужденные ядра могут появиться в результате радиоактивного распада, а также при взаимодействии ядра с элементарными частицами или другими ядрами.

Корпускулярные ядерные излучения представляют собой потоки быстродвигающихся элементарных частиц: нейтронов, протонов, β- и α-частиц.

Нейтрон — элементарная частица, не имеющая электрического заряда; ее масса близка по величине к массе ядра атома водорода. Еще раз напомним, что нейтрон входит в состав всех ядер атомов, за исключением ядра легкого водорода. В свободном виде нейтрон существует недолго, так как быстро захватывается ядрами атомов или превращается путем испускания электрона в протон.

В зависимости от величины кинетической энергии принято различать быстрые нейтроны ($E > 1$ Мэв),

промежуточные (0,01 Мэв $< E <$ 1 Мэв) и медленные ($E <$ 0,01 Мэв).

Скорость движения нейтрона, если известна его энергия, может быть определена по формуле

$$v = 1{,}38 \cdot 10^4 \sqrt{E},$$

где v — скорость нейтрона в м/сек;
E — его энергия в эв.

Не нужно думать, что медленный нейтрон движется с небольшой скоростью. В самом деле, принимая энергию медленного нейтрона равной 1 эв, получим $v = 1{,}38 \cdot 10^4 \sqrt{1} = 1{,}38 \cdot 10^4$ м/сек, то есть медленный нейтрон движется со скоростью, значительно превосходящей скорость движения артиллерийского снаряда и современных реактивных самолетов.

Нейтроны, испускаемые ядрами атомов, могут иметь энергию, значительно превышающую 1 Мэв.

Бета-излучение представляет собой поток β-частиц, то есть электронов или позитронов (положительно заряженные электроны).

Источниками β-излучения являются радиоактивные изотопы. Энергия бета-частиц, испускаемых радиоактивными ядрами, может достигать нескольких мегаэлектрон-вольт. При таких энергиях электрон (позитрон) движется со скоростью, близкой к скорости распространения света в пустоте (300 000 км/сек).

Протон является ядром атома легкого водорода. Он представляет собой положительно заряженную частицу, входящую в состав ядра атомов всех элементов. Как уже отмечалось, заряд протона по абсолютной величине равен заряду одного электрона. Протоны, находящиеся в свободном состоянии, путем присоединения свободного электрона быстро превращаются в атомы водорода. Протоны испускаются ядрами атомов в результате различных ядерных реакций, в частности при поглощении нейтронов ядрами некоторых атомов.

Альфа-излучение представляет собой поток быстро двигающихся ядер гелия, состоящих из двух нейтронов и двух протонов. Таким образом, α-частица является положительно заряженной, причем заряд ее равен двум

зарядам электрона. Энергия α-частиц, излучаемых ядрами атомов, может достигать 10 Мэв и более. При такой энергии альфа-частицы имеют скорость около 20 000 км/сек.

Радиоактивный распад атомов. Радиоактивностью называется способность некоторых веществ самопроизвольно испускать ядерные излучения.

В результате многочисленных научных исследований было установлено, что явление радиоактивности связано с самопроизвольным превращением (распадом) ядер атомов одного элемента в ядра другого элемента. Ядерные излучения, сопровождающие распад атомов, принято называть радиоактивными.

В настоящее время известно более 700 радиоактивных изотопов, причем лишь небольшая часть из них существует в природе, а остальные были получены искусственно.

В ряде стран лабораторным путем приготовляются радиоактивные изотопы всех без исключения известных химических элементов. Искусственные радиоактивные изотопы получаются в лабораторных условиях путем бомбардировки ядер атомов нейтронами, протонами, дейтронами (ядра тяжелого водорода) и ядрами гелия. Для разгона протонов, ядер гелия и других заряженных частиц используются специальные установки (циклотроны, бетатроны и др.). В очень больших количествах искусственные радиоактивные изотопы могут быть получены в ядерных реакторах, где они возникают в результате деления тяжелых ядер (уран, плутоний) или при облучении стабильных изотопов потоком нейтронов. Мощным источником искусственных радиоактивных изотопов является ядерный взрыв, о чем подробнее будет говориться в главе VI.

Существует три основных вида радиоактивного распада: **альфа-распад, бета-распад и электронный захват.**

При α-распаде ядро испускает альфа-частицу. Поскольку α-частица обладает двумя единицами положительного заряда и массовым числом, равным четырем, то после вылета ее из ядра атомный номер вновь образованного ядра оказывается меньше исходного на две единицы, а массовое число — на четыре единицы.

Например, атомы плутония 239 путем α-распада пре-

вращаются в атомы урана 235, ядра которого имеют заряд на две единицы, а массовое число — на четыре единицы меньше, чем у ядра плутония. Схема этого распада сокращенно записывается в виде уравнения

$$_{94}Pu^{239} \rightarrow {}_{92}U^{235} + {}_{2}He^{4}.$$

Альфа-распад характерен в основном для естественно радиоактивных элементов конца периодической системы (радий, уран, торий и др.).

Как правило, α-частицы, испускаемые при распаде ядер данного изотопа, обладают вполне определенной энергией.

При бета-распаде ядром испускается электрон (β^--распад) или позитрон (β^+-распад).

При испускании электрона исходный атом превращается в другой атом, имеющий заряд ядра на единицу больше, так как потеря одного отрицательного заряда равноценна приобретению одного положительного заряда. Масса электрона мала (0,0005 а.е.м.), поэтому атомный вес у вновь образованного ядра практически не изменяется.

Например: $_{11}Na^{24} \rightarrow {}_{12}Mg^{24} + \beta^-$.

Электронный бета-распад является наиболее распространенным видом радиоактивного распада, β-активные изотопы составляют около 46% от общего числа радиоактивных изотопов.

Утверждение о том, что из ядра вылетает электрон, может вызвать возражение читателя, так как в ядре нет электронов. Тем не менее это утверждение не ошибочно. Дело в том, что нейтроны и протоны, из которых состоит ядро, могут при определенных условиях превращаться друг в друга, при этом рождается один электрон или позитрон. Вылет электрона сигнализирует о том, что один из нейтронов превратился в протон.

При испускании позитрона исходный атом превращается в другой атом, имеющий заряд на одну единицу меньше, так как в результате позитронного бета-распада один из протонов ядра превращается в нейтрон.

Например: $_{14}Si^{27} \rightarrow {}_{13}Ae^{27} + \beta^+$.

В связи с тем, что при позитронном бета-распаде протон превращается в нейтрон, этот вид распада свойствен

изотопам с недостатком нейтронов, то есть самым легким изотопам химических элементов. Позитронный распад распространен значительно реже, чем электронный, на его долю приходится только около 11% всех радиоактивных изотопов, причем у элементов с большим атомным номером Z он почти не встречается.

У отдельных атомов одного и того же радиоактивного вещества начальные энергии бета-частиц могут быть различными — от 0 до некоторого максимального значения E_β, которое является характерным для каждого радиоактивного изотопа. Например, для изотопа стронция 89 максимальная энергия бета-частиц не превосходит 1,5 Мэв, у изотопа кобальта 60—0,3 Мэв и т. д. Максимальная энергия бета-частиц, излучаемых основной частью радиоактивных продуктов атомного взрыва, не превышает 3 Мэв. В связи с различием в величине энергии отдельных бета-частиц их начальная скорость может лежать в пределах от нуля до скоростей, близких к скорости света. Это распределение принято называть энергетическим спектром β-частиц. Долгое время оставалось неясным, почему ядра одного и того же изотопа испускают бета-частицы различной энергии и куда исчезает энергия, если бета-частица вылетает из ядра с меньшей энергией, чем E_β. Должное объяснение этой особенности бета-распада было получено после того, как было высказано предположение, что одновременно с β-частицей из ядра вылетает еще одна частица, названная нейтрино. Сумма энергии нейтрино и β-частицы как раз равна E_β. Нейтрино не имеет электрического заряда, ее масса значительно меньше массы электрона.

Электронный захват — это радиоактивное превращение, которое, как и β^+-распад, было открыто при изучении искусственной радиоактивности. При электронном захвате радиоактивное ядро захватывает один из электронов K-слоя (реже L-слоя), вследствие чего один из протонов превращается в нейтрон, при этом заряд ядра уменьшается на единицу. Более 25% всех радиоактивных изотопов распадается путем электронного захвата, он так же, как и β^+-распад, свойствен только изотопам с недостатком нейтронов.

Бета-, альфа-распад и электронный захват у многих радиоактивных изотопов сопровождается испусканием

γ-излучения. Гамма-кванты излучаются ядрами атомов в том случае, когда вновь образованное ядро после распада является энергетически возбужденным; переходя в состояние с меньшей энергией, ядро излучает избыточную энергию в виде энергии одного или нескольких квантов. Например, бета-распад натрия 24 сопровождается испусканием двух гамма-квантов. Необходимо заметить, что γ-квант не имеет электрического заряда, поэтому при его испускании заряд ядра остается неизмененным и, следовательно, радиоактивного распада атома не происходит.

Закон радиоактивного распада. Единица активности. Радиоактивный распад происходит не сразу у всех атомов, а постепенно. Каждую секунду из общего числа радиоактивных атомов распадается только определенная часть. Но каждый радиоактивный атом рано или поздно претерпевает превращение. Закон, по которому уменьшается количество радиоактивных атомов, прост: половина любого количества атомов данного радиоактивного вещества распадается через одинаковое время. Поэтому для характеристики распада радиоактивного элемента принято пользоваться величиной, называемой периодом полураспада. **Период полураспада Т** — это промежуток времени, в течение которого распадается половина количества атомов, существовавших к началу этого промежутка времени.

Период полураспада для различных радиоактивных изотопов колеблется в широких пределах — от ничтожных долей секунды до многих миллиардов лет.

Например, период полураспада радиоактивного стронция 89 равен 54 дням. Если взять некоторое количество радиоактивного стронция, то через время, равное 54 дням, останется половина радиоактивных атомов; через время, равное двум периодам полураспада (2Т = = 108 дней), их останется четверть; через время, равное трем периодам полураспада (3Т = 162 дням), — $^1/_8$ часть и т. д.

Период полураспада плутония 239 велик и равен 24 тысячам лет. Лишь через 24 тысячи лет распадется половина атомов взятого количества плутония. Уран 235 имеет еще больший период полураспада — 710 миллионов лет. Зная период полураспада радиоактивного

изотопа, нетрудно определить число нераспавшихся радиоактивных атомов для любого момента времени:

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}},$$

где N_0 — первоначальное количество радиоактивных атомов;

N — количество нераспавшихся атомов;

t — время, прошедшее с момента, когда число атомов равнялось N_0.

Скорость радиоактивного распада не зависит от физических и химических условий, иначе говоря, отсутствуют средства, с помощью которых можно было бы ускорить или задержать радиоактивный распад.

Количество атомов, распадающихся за одну секунду, называется активностью радиоактивного вещества. Чем больше имеется атомов радиоактивного вещества и чем меньше их период полураспада, тем больше активность вещества. Если период полураспада T выразить в секундах, а через N обозначить число радиоактивных атомов, то активность вещества Q равна $Q = 0{,}693 \cdot \frac{N}{T}$.

О количестве радиоактивного вещества обычно судят не по его весу, выраженному в граммах, а по его активности. Это объясняется тем, что операция взвешивания радиоактивного вещества даже в лабораторных условиях чрезвычайно затруднена, так как его масса обычно ничтожно мала и, кроме того, как правило, радиоактивный изотоп находится в смеси с другими веществами, в том числе и нерадиоактивными.

За единицу активности и, следовательно, количества радиоактивного вещества принята единица, получившая название кюри.

Кюри — это такое количество радиоактивного вещества, в котором происходит 37 миллиардов распадов атомов за одну секунду.

Каждый распад атома сопровождается испусканием альфа- или бета-частицы, поэтому активность в один кюри соответствует испусканию радиоактивным веществом в течение одной секунды 37 миллиардов бета- или альфа-частиц.

Число гамма-квантов, приходящихся на один распад, может быть различным. Например, у изотопа кобальта 60 (Co^{60}) каждый распад атома сопровождается излучением двух гамма-квантов, у изотопа марганца 54 (Mn^{54}) распад атома сопровождается излучением одного гамма-кванта и т. д. Поэтому для определения числа гамма-квантов, испускаемых гамма-активным веществом, кроме величины активности, выраженной в кюри, необходимо знать число гамма-квантов, приходящихся на один распад атома.

Чем больше период полураспада и массовое число радиоактивного изотопа, тем большее весовое количество радиоактивного вещества соответствует одному кюри. Весовое количество радиоактивных атомов, имеющих активность 1 кюри, можно определить по формуле

$$M = 0{,}89 \cdot 10^{-13} A \cdot T г,$$

где A — массовое число;

T — период полураспада в секундах.

Кюри радия весит один грамм и занимает объем небольшой горошины. 1 кюри кобальта 60, имеющего период полураспада T = 5 лет, — это крупинка металла весом около одной тысячной доли грамма.

Особенно малое весовое количество соответствует одному кюри радиоактивных веществ, период полураспада которых исчисляется часами или минутами. Один кюри натрия 24 имеет вес около одной десятимиллионной доли грамма. Однако практически всегда радиоактивное вещество находится в смеси с нерадиоактивными веществами; весовое количество такой смеси, соответствующее активности в один кюри, может быть значительно больше, чем вычисленное по приведенной формуле.

2. Взаимодействие ядерных излучений с веществом

Взаимодействие быстро движущихся заряженных частиц с веществом. Альфа-, бета-частицы и протоны являются электрически заряженными частицами, поэтому при прохождении их через вещество возникают силы электрического взаимодействия этих частиц с электронами и ядрами атомов.

Взаимодействие быстро движущихся заряженных частиц с веществом может сопровождаться такими явлениями:

1) ионизацией и возбуждением атомов;

2) потерей энергии на тормозное излучение.

Сущность явления ионизации заряженной частицей состоит в следующем. Если заряженная частица проходит на больших расстояниях от атома, то она не взаимодействует с ним, так как атом в целом является электрически нейтральным. Однако если заряженная частица войдет в оболочку атома или пройдет поблизости от нее, то между частицей и электронами атома возникнут силы электрического взаимодействия. Под действием этих сил один или несколько электронов могут быть выброшены из атома. Таким образом, при встрече с атомом заряженная частица ионизирует его и теряет часть своей энергии. Ионизирующую способность заряженных частиц принято характеризовать **удельной ионизацией,** то есть числом пар ионов, создаваемых частицей на пути в один сантиметр. Ионизирующая способность частиц растет с увеличением их электрического заряда и уменьшением скорости частицы.

Тормозное излучение есть результат взаимодействия заряженной частицы с электрическим полем ядра атома. При прохождении такой частицы вблизи ядра атома под воздействием электрических сил она тормозится. Из курса физики известно, что всякое замедление движения электрического заряда должно сопровождаться излучением электромагнитной энергии. Эту энергию заряженная частица испускает обычно в виде энергии кванта рентгеновского излучения.

Исследование этого вида взаимодействия показывает, что величина излученной энергии пропорциональна квадрату атомного номера вещества, в котором движется заряженная частица, и обратно пропорциональна квадрату массы заряженной частицы. Отсюда следует, что относительно тяжелые α-частицы и протоны теряют на тормозное излучение очень мало энергии по сравнению с β-частицами. Например, протон, масса которого примерно в 1836 раз больше массы электрона, теряет энергию в $(1836)^2 \cong 34 \cdot 10^5$ раз меньше, чем β-частица. Таким образом, для α-частиц и протонов основным результатом взаимодействия с веществом является иониза-

ция и возбуждение атомов. Для быстрых β-частиц, при прохождении их через такие тяжелые вещества, как свинец, потери энергии на тормозное излучение могут стать соизмеримыми с потерями энергии на ионизацию.

По мере продвижения альфа-частиц и протонов в веществе их скорость вследствие потерь энергии на ионизацию и возбуждение уменьшается и в конце концов на некотором расстоянии становится равной скорости движения атомов и молекул окружающего вещества. Это расстояние называется длиной пробега частицы в веществе. Замедленные альфа-частицы, присоединяя к себе электроны, превращаются в атомы гелия (водорода).

Удельная ионизация α-частиц огромна. В воздухе на пути 1 см α-частица создает в среднем около 30 тыс. пар ионов. Удельная ионизация в различных частях пробега α-частиц, как и других заряженных частиц, неодинакова. В начале пробега удельная ионизация сохраняет приблизительно постоянное значение, но в конце пробега она возрастает более чем в два раза и для α-частиц составляет 65 тыс. пар ионов.

Большая ионизирующая способность α-частиц приводит к тому, что длина их пробега даже в воздухе не превышает обычно 10 см. Например, длина пробега α-частиц, испускаемых плутонием и ураном (энергия около 5 Мэв), в воздухе не превышает 4 см, в тканях организма — 0,0045 см (45 микрон). Альфа-частицы полностью поглощаются одеждой человека; даже лист бумаги является для них непреодолимой преградой.

Протон является также сильно ионизирующей частицей. В воздухе на пути 1 см протон создает в среднем около 10 тыс. пар ионов. Проникающая способность протонов, испускаемых ядрами атомов, также очень мала. Их длина пробега в веществе приблизительно в четыре раза больше, чем α-частиц.

По мере прохождения бета-частицы в глубь вещества она также постепенно теряет свою энергию, и в конце концов на некотором расстоянии ее энергия становится равной средней энергии атомов и молекул вещества среды. Длина пробега бета-частицы в данном веществе зависит от ее энергии. Чем больше начальная энергия бета-частицы, тем больше ее пробег в данном веществе. Однако энергия бета-частиц, испускаемых ядрами одного и того же изотопа, различна, поэтому ослабление пучка

бета-частиц происходит не сразу, а постепенно. Расстояние, на котором бета-частицы нацело поглощаются слоем вещества, называется максимальным пробегом β-частиц. При данной энергии бета-частиц их максимальный пробег обратно пропорционален плотности материала и сравнительно мало зависит от атомного номера элементов, входящих в состав его вещества.

В табл. 9 приведены максимальные пробеги β-частиц для алюминия, воды (ткани живого организма) и воздуха.

Таблица 9

Максимальные пробеги β-частиц в зависимости от их энергии

Максимальная энергия β_m-частиц, Мэв	Алюминий, мм	Вода или ткани живого организма, мм	Воздух, см
0,5	0,593	1,87	119
1	1,52	4,80	306
2	3,51	11,1	710
3	5,5	17,4	1100
5	9,42	29,8	1900

Из данных этой таблицы следует, что хотя проникающая способность бета-частиц во много раз больше, чем альфа-частиц, но она также невелика. Бета-частицы сильно ослабляются одеждой человека, они практически полностью поглощаются оконными или автомобильными стеклами и любыми металлическими экранами толщиной в несколько миллиметров.

Бета-частицы обладают значительно меньшей ионизирующей способностью, чем альфа-частицы. Это объясняется тем, что бета-частицы, имеющие ничтожно малую массу по сравнению с альфа-частицами, при одной и той же энергии обладают значительно большими скоростями. Поэтому бета-частицы пролетают через атом слишком быстро и вследствие малого времени взаимодействия часто не успевают вырвать электрон, который мог бы быть вырван относительно медленно двигающейся альфа-частицей. Кроме того, величина электрического заряда альфа-частицы в два раза больше, чем бета-частицы, в результате чего на одних и тех же рас-

стояниях сила электрического взаимодействия вырываемого электрона и альфа-частицы в два раза больше, чем у бета-частицы.

Общее число пар ионов, образованных заряженной частицей, равно величине ее начальной энергии, поделенной на работу ионизации. Работой ионизации называется средняя энергия, затрачиваемая на образование одной пары ионов. Ее величина зависит от рода ионизируемой среды, вида излучений и других факторов. В воздухе для всех ядерных излучений среднюю работу ионизации можно принять ориентировочно равной 32,5 эв.

Поэтому если бета-частица имеет начальную энергию 1 *Мэв*, то общее число пар ионов, образованное ею в воздухе, равно $\frac{1 \cdot 10^6}{32,5} \approx 30\,000$. Поделив общее число пар ионов на длину пробега бета-частицы в воздухе, получим величину средней удельной ионизации. Для энергии $E_\beta = 1$ *Мэв*, согласно данным таблицы 9, максимальная длина пробега равна 3 м, следовательно, средняя удельная ионизация равна $\sim 100 \frac{\text{пар ионов}}{\text{см}}$, в то время как для альфа-частиц она составляла несколько десятков тысяч пар ионов на том же отрезке пути.

Взаимодействие γ-излучения с веществом. Отсутствие электрического заряда у гамма-квантов приводит к тому, что характер их взаимодействия с веществом среды, в которой они распространяются, совершенно иной, чем у альфа- и бета-частиц, имеющих электрические заряды. Известны три основных процесса взаимодействия гамма-квантов с атомами среды: фотоэлектрическое поглощение, комптоновский эффект и образование пар.

При **фотоэлектрическом поглощении** (рис. 62, *а*) происходит взаимодействие гамма-кванта с электронами атома, в результате чего гамма-квант целиком поглощается атомом. Небольшая часть энергии гамма-кванта идет на преодоление энергии связи электрона в атоме, а остальная часть — на сообщение электрону скорости. Вырванные электроны двигаются преимущественно по направлениям, перпендикулярным направлению распространения гамма-лучей.

При **комптоновском эффекте** (рис. 62, *б*) гамма-квант, взаимодействуя с электроном атома, изменяет направление движения и передает электрону часть своей энергии.

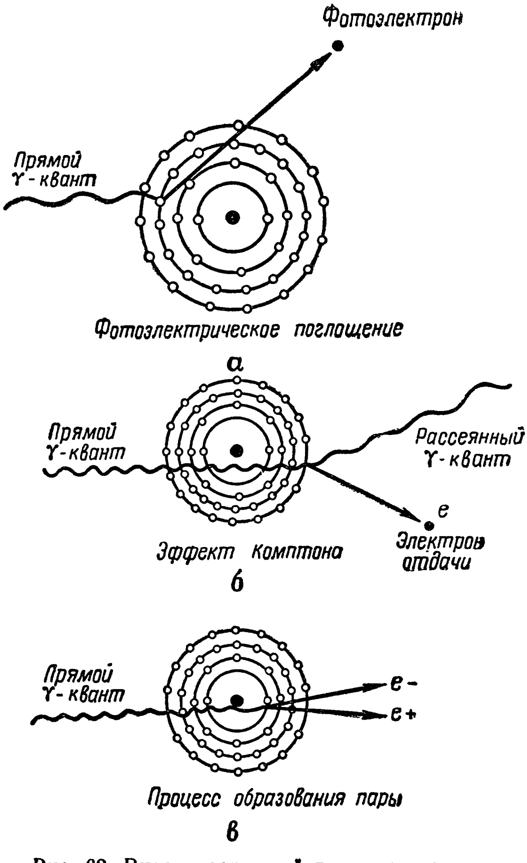


Рис. 62. Виды взаимодействия гамма-квантов с веществом

Эта энергия, как и поглощенная энергия при фотоэлектрическом поглощении, расходуется на отрыв электрона от атома и сообщение ему скорости.

Рассеянный (оставшийся) γ-квант имеет меньшее количество энергии, следовательно, большую длину волны. Он движется под некоторым случайным углом к первоначальному направлению, однако этот угол в среднем тем меньше, чем больше энергия первичного γ-кванта. В результате комптоновского взаимодействия γ-квантов образуется так называемое рассеянное излучение, кото-

рое в отличие от прямого пучка γ-квантов не имеет резко выраженной направленности распространения.

Рассеяние гамма-квантов, как правило, происходит многократно и заканчивается в конце концов фотоэлектрическим поглощением.

Наконец, при энергиях более 1,02 *Мэв* гамма-кванты в результате взаимодействия с ядром атома могут превращаться в пару частиц — позитрон-электрон (рис. 62, *в*). Однако этот процесс становится преобладающим лишь при очень больших энергиях гамма-квантов и в материалах с большим атомным номером Z.

Фотоэлектрическое поглощение характерно для гамма-квантов малой энергии (сотые доли миллиона электрон-вольт), за исключением веществ с большим атомным номером Z, где оно может преобладать и при значительных энергиях квантов (в свинце, имеющем $Z = 82$, этот процесс преобладает до $E_\gamma = 0{,}5$ *Мэв*).

В легких веществах (воздух, вода, бетон, грунт и т. д.), в состав которых входят элементы с небольшим атомным номером, в широком диапазоне энергий гамма-квантов (от 0,05 до 10 *Мэв* и более) преобладающим процессом взаимодействия является комптоновский эффект.

Ионизация среды при прохождении через нее гамма-излучения производится главным образом вторичными электронами, которые возникают в результате тех трех процессов взаимодействия, которые рассмотрены выше. Ионизирующая способность γ-квантов в сотни раз меньше, чем у бета-частиц, и в тысячи раз меньше, чем у альфа-частиц. Удельная ионизация γ-квантов в воздухе составляет несколько пар ионов на пути в один сантиметр.

По мере прохождения пучка гамма-излучения через вещество его интенсивность[1] постепенно ослабевает в результате взаимодействия γ-квантов с атомами вещества и увеличения расстояния от источника (геометрический фактор). Рассмотрим сначала законы ослабления параллельного пучка гамма-лучей. Этот случай интересен тем, что ослабление интенсивности γ-излучения

[1] Интенсивностью γ-излучения называется количество энергии, переносимой γ-квантами через один квадратный сантиметр облучаемой поверхности за одну секунду.

происходит только за счет взаимодействия γ-квантов с веществом, так как геометрический фактор не оказывает влияния на ослабление пучка γ-лучей.

Ранее отмечалось, что вследствие комптоновского взаимодействия происходит рассеяние γ-квантов. Поэтому после прохождения пучка гамма-лучей через какую-либо толщу вещества он будет состоять из прямого потока γ-квантов, прошедших через среду без взаимодействия с веществом, и рассеянного потока.

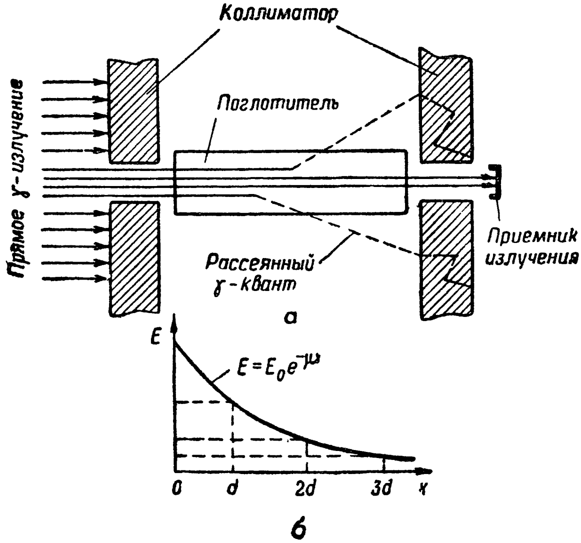


Рис. 63. Ослабление интенсивности узкого параллельного пучка гамма-лучей

а — экспериментальная установка для создания пучков гамма-излучения с хорошей геометрией; *б* — закон ослабления интенсивности узкого параллельного пучка гамма-лучей

Экспериментально интенсивность прямого потока гамма-квантов можно измерить лишь в тех случаях, когда все рассеянные гамма-кванты покидают пучок излучения. Если пучок является весьма узким, то даже гамма-кванты, рассеянные под небольшими углами, покинут его. Поэтому законы ослабления прямого потока гамма-квантов и узкого пучка являются одинаковыми. На рис. 63, *а* показана экспериментальная установка, позволяющая создать весьма узкие параллельные пучки

излучения, которые иногда называют пучками с «хорошей геометрией». Установка состоит из массивных свинцовых плит, имеющих узкие отверстия, через которые пропускается пучок гамма-излучения. Все гамма-кванты, отклонившиеся от оси пучка, не могут воздействовать на приемник излучения, так как они поглощаются массивными свинцовыми толщами первого или второго коллиматоров.

Экспериментальные данные по ослаблению узких параллельных пучков показывают, что интенсивность прямого потока гамма-квантов в зависимости от толщины слоя ослабляющего вещества изменяется по экспоненциальному закону (рис. 63, *б*):

$$E_x = E_0 e^{-\mu x},$$

где E_0 — интенсивность излучения при входе лучей в поглощающую среду;

E_x — интенсивность излучения после прохождения слоя вещества толщиной x сантиметров;

μ — линейный коэффициент ослабления гамма-лучей, имеющий размерность 1/см.

Величина коэффициента μ характеризует вероятность взаимодействия гамма-кванта с атомами вещества на пути в один сантиметр. Числовое значение этого коэффициента находится в сложной зависимости от энергии гамма-кванта, атомного номера и атомного веса элементов, входящих в состав защитной толщи.

Величина, обратная коэффициенту ослабления $\lambda = \frac{1}{\mu}$, называется средней длиной пробега γ-квантов в веществе и численно равна толщине слоя вещества, при прохождении через который узкого параллельного пучка его интенсивность уменьшается в e раз, то есть примерно в 2,7 раза.

Ослабление интенсивности гамма-излучения обусловлено всеми тремя видами взаимодействия квантов со средой, поэтому коэффициент μ представляет собой сумму трех коэффициентов: фотоэлектрического поглощения $\mu_ф$, комптоновского рассеяния $\mu_к$ и образования пар $\mu_п$. В таблице 10 приведены значения коэффициентов μ в зависимости от энергии γ-квантов для различных сред.

Таблица 10

Линейные коэффициенты ослабления μ (1/см) и слои половинного ослабления *d* (см) для узких параллельных пучков γ-лучей

Энергия γ-кванта, Мэв	Свинец $\rho = 11{,}3$ г/см³		Железо $\rho = 7{,}9$ г/см³		Алюминий $\rho = 2{,}7$ г/см³		Бегон $\rho = 2{,}3$ г/см³		Вода $\rho = 1{,}0$ г/см³		Воздух $\rho = 0{,}001294$ г/см³	
	μ	d	μ	d	μ	d	μ	d	μ	d	μ	d
0,5	1,72	0,4	0,66	1,05	0,228	3,04	0,194	3,56	0,0967	7,15	$1{,}11 \cdot 10^{-4}$	$6{,}2 \cdot 10^{3}$
1,0	0,79	0,88	0,47	1,47	0,166	4,17	0,141	4,90	0,0706	9,80	$0{,}81 \cdot 10^{-4}$	$8{,}5 \cdot 10^{3}$
1,5	0,58	1,19	0,38	1,82	0,137	5,05	0,116	5,95	0,0576	12,1	$0{,}66 \cdot 10^{-4}$	$10{,}5 \cdot 10^{3}$
2,0	0,51	1,35	0,33	2,10	0,117	5,90	0,100	6,93	0,0493	14,0	$0{,}57 \cdot 10^{-4}$	$12 \cdot 10^{3}$
3,0	0,46	1,50	0,28	2,48	0,094	7,40	0,080	8,65	0,0396	17,4	$0{,}45 \cdot 10^{-4}$	$15{,}5 \cdot 10^{3}$
4,0	0,47	1,48	0,26	2,66	0,084	8,25	0,071	9,75	0,0339	20,4	$0{,}39 \cdot 10^{-4}$	$18 \cdot 10^{3}$

Довольно часто ослабление интенсивности гамма-лучей характеризуют не коэффициентом μ, а величиной слоя половинного ослабления — d. **Слой половинного ослабления** — это слой вещества, при прохождении которого интенсивность гамма-лучей уменьшается в два раза. Между коэффициентом μ и слоем половинного ослабления существует простая связь $d=\frac{0,693}{\mu}$. Слой половинного ослабления так же, как и коэффициент μ, сложным образом зависит от энергии γ-квантов и свойств вещества. В средах, состоящих из веществ с близкими атомными номерами, слой половинного ослабления обратно пропорционален плотности вещества.

При известном слое половинного ослабления кратность ослабления интенсивности излучения после прохождения им защиты, имеющей толщину x см, равна $\frac{E_0}{E_x}=2^{\frac{x}{d}}$.

В табл. 10 приведены значения слоя половинного ослабления d для узкого параллельного пучка γ-излучения в зависимости от энергии γ-квантов.

Из рассмотрения данных этой таблицы видно, что проникающая способность гамма-лучей неизмеримо больше, чем бета- и особенно альфа-лучей. Гамма-лучи (энергия кванта 2 Мэв), проходя в воздухе 120 метров, ослабляются всего лишь в два раза, в то время как α-лучи полностью поглощаются слоем воздуха в несколько сантиметров. Слой алюминия толщиной 8 см ослабляет узкий параллельный пучок γ-лучей (энергия кванта 1 Мэв) всего лишь в четыре раза, бета-частицы той же энергии полностью поглощаются слоем алюминия толщиной 1,5 мм.

Интенсивность расходящегося пучка гамма-лучей уменьшается не только в результате ослабления излучения средой, но и за счет увеличения расстояния до источника. Пусть точечный[1] источник, излучающий гамма-лучи во все стороны равномерно, испускает N квантов в секунду, каждый из которых имеет энергию E_γ. Тогда, если среда не ослабляет, интенсивность излучения на расстоянии R равна $E=\frac{NE_\gamma}{S}$, где S — площадь сферы,

[1] Излучатель называется точечным, если его линейные размеры малы по сравнению с расстоянием, на котором определяется интенсивность излучения.

радиус которой равен R см. Поскольку $S = 4\pi R^2$, то $E = \frac{NE_\gamma}{4\pi R^2}$, то есть интенсивность излучения в пустоте убывает обратно пропорционально квадрату расстояния.

С учетом ослабления излучения средой интенсивность равна

$$E = \frac{NE_\gamma}{4\pi R^2}\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{d}},$$

где x — толщина слоя вещества, находящегося на пути распространения излучения.

Все ранее приведенные формулы по ослаблению интенсивности гамма-излучения справедливы только при расчете ослабления прямого потока γ-квантов. Иначе говоря, они получены в предположении, что все рассеянные γ-кванты выходят за пределы пучка прямого излучения.

Однако интенсивность гамма-излучения, рассчитанная по формулам для прямых пучков, оказывается всегда меньше измеренной интенсивности широкого пучка, причем чем больше толщина ослабляющего слоя, тем больше относительное расхождение между вычисленной и измеренной интенсивностями. Это обстоятельство объясняется тем, что по мере прохождения широкого пучка γ-излучения через вещество в нем непрерывно возрастает доля однократно и многократно рассеянных γ-квантов и при больших глубинах проникания весь пучок практически будет состоять только из многократно рассеянных γ-квантов. Таким образом, интенсивность излучения, вычисленная по вышеприведенным формулам без учета рассеянного излучения, может оказаться существенно заниженной.

Особенно быстро процесс «накопления» рассеянного излучения проходит в тех средах, где комптоновское рассеяние является преобладающим процессом взаимодействия (легкие вещества: воздух, вода, грунт, бетон и т. д.).

В таких средах необходимость учета рассеянного излучения возникает даже при относительно небольшой толщине слоя ослабляющего вещества. Метод учета рассеянного γ-излучения сводится к тому, что поток рассеянных квантов заменяется некоторым эквивалентным потоком γ-квантов прямого пучка. Обычно считают потоки

прямых и рассеянных γ-квантов эквивалентными, если они имеют одно и то же ионизирующее действие в воздухе[1].

Количественный учет рассеянного излучения сводится к тому, что в формулах для интенсивности с учетом ослабления средой вводится поправочный множитель B, названный **коэффициентом накопления.** Величина коэффициента B зависит от энергии первичного γ-излучения, толщины защиты и вида ослабляющего вещества.

На рис. 64 для иллюстрации необходимости учета рассеянного излучения показана зависимость коэффициента накопления от толщины ослабляющего слоя воды.

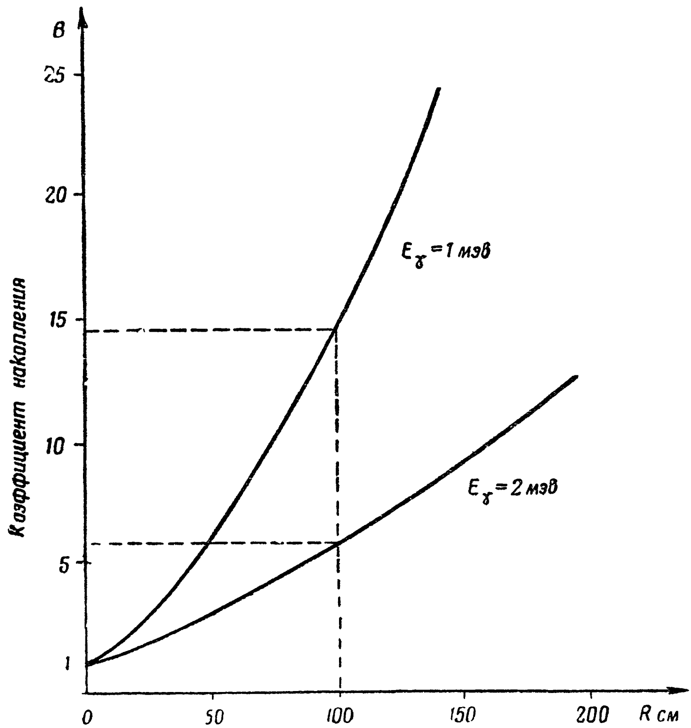


Рис. 64. Зависимость коэффициента накопления от толщины ослабляющего слоя воды

[1] Точнее, равные дозы в воздухе (понятие о дозе см. ниже).

Из этих графиков видно, что если толщина ослабляющего слоя воды будет равна 1 м, то коэффициенты накопления для γ-квантов с энергиями 1 Мэв и 2 Мэв будут соответственно равны $B \cong 15$ и $B \cong 6$. Иначе говоря, при таком ослабляющем слое воды поток излучения будет состоять в основном из рассеянных γ-квантов, неучет которых приведет к занижению величины потока излучения соответственно в 15 и 6 раз.

В табл. 11 даны толщины защиты из бетона, железа, свинца и воды для широких пучков γ-излучения при различных кратностях ослабления интенсивности. Более обстоятельные таблицы по расчету защитных толщ можно найти в Справочнике по радиоактивным излучениям и защите (Государственное издательство медицинской литературы, Москва, 1956 г.).

Таблица 11

Толщина защиты (в сантиметрах) из воды, бетона, железа и свинца для широкого пучка гамма-излучения при различных кратностях ослабления (энергия γ-квантов 1 Мэв и 2 Мэв)

Кратность ослабления	Вода		Бетон		Железо		Свинец	
	1 Мэв	2 Мэв	1 Мэв	2 Мэв	1 Мэв	2 Мэв	1 Мэв	2 Мэв
2	26	33	12,9	14,1	3,3	3,9	1,3	2,0
5	48	59	23,5	28,2	6,4	8,1	2,8	4,3
10	63	79	29,9	37,6	8,5	11,1	3,8	5,9
50	92	120	44,6	58,1	12,7	16,9	6,0	9,6
100	104	136	50,5	65,7	14,5	19,5	7,0	11,3

Взаимодействие нейтронов с веществом. Нейтроны не имеют электрического заряда, и, следовательно, в отличие от заряженных частиц, при прохождении через вещество между ними и электронами, а также ядрами атомов отсутствуют электрические силы взаимодействия. Поэтому нейтроны могут беспрепятственно проникать к ядру атома, однако на малых расстояниях от ядра (около 10^{-13} см) между нейтронами и ядром возникает очень сильное взаимодействие, обусловленное ядерными силами притяжения.

Установлено, что в результате взаимодействия нейтронов с ядром может происходить **их рассеяние или за-**

хват (поглощение) ядром. Таким образом, нейтроны при прохождении через вещество теряют свою энергию или поглощаются только при столкновении с ядрами.

При рассеянии нейтрон теряет часть своей кинетической энергии (скорость его уменьшается) и отклоняется от первоначального направления движения. Ядро, с которым нейтрон имел взаимодействие, принято называть «ядром отдачи».

Рассеяние может быть упругим и неупругим. При упругом рассеянии вся поглощенная энергия нейтрона расходуется только на сообщение скорости ядру отдачи. Этот процесс может рассматриваться как удар двух упругих тел, например, биллиардных шаров.

При неупругом рассеянии нейтрон вначале захватывается ядром, образуя составное ядро, затем последнее испускает нейтрон меньшей энергии. Часть поглощенной энергии нейтрона превращается во внутреннюю энергию ядра, то есть рассеивающее ядро становится возбужденным. Этот избыток энергии испускается затем в виде энергии γ-кванта.

Процессы захвата нейтрона ядрами в отличие от процесса рассеяния сопровождаются ядерными реакциями, ведущими к образованию нового ядра. Такими реакциями могут быть:

1) Образование составного ядра и испускание им одного или нескольких γ-квантов. Эту реакцию называют радиационным захватом и сокращенно записывают в виде (n, γ)[1].

2) Распад составного ядра путем испускания α-частицы или протона, то есть реакции типа (n, α) и (n, p).

3) Излучение составным ядром двух нейтронов, то есть реакция типа $(n, 2n)$.

4) Деление составного ядра на два новых ядра осколка, то есть реакция типа (n, f), где символ f обозначает процесс деления ядра.

Новые ядра, образованные в результате всех вышеперечисленных реакций, могут быть как стабильными, так и радиоактивными.

[1] Первая буква обозначает частицу, взаимодействующую с ядром (в нашем случае нейтрон), вторая буква — частицу, вылетающую в результате реакции.

Вероятность взаимодействия нейтрона с ядрами атомов принято характеризовать так называемым **эффективным сечением** σ, которое измеряется в $см^2$. Величина σ находится экспериментально. Смысл его состоит в следующем. Пусть пучок нейтронов с поперечным сечением в 1 $см^2$ падает на достаточно тонкую пластинку толщиной d. Общий поток нейтронов, упавших на пластину, равен П. Если через n_0 обозначить число ядер, содержащихся в 1 $см^3$ пластины, то $n = n_0 d$ представляет собою число ядер, содержащихся в облучаемом объеме пластины. Число ядерных процессов (например, захватов) в облучаемом объеме пластины можно определить по формуле

$$N = П\, n_0 d \sigma$$

или

$$\sigma = \frac{N}{П} \cdot \frac{1}{n}.$$

Величина $\frac{N}{П}$ численно равна вероятности взаимодействия нейтрона с веществом, а величина n — числу ядер атомов, приходящихся на 1 $см^2$ облучаемой поверхности. Поэтому величина σ по физическому смыслу представляет собой вероятность взаимодействия нейтрона с веществом при условии, что на каждый квадратный сантиметр облучаемой поверхности приходится одно ядро. Произведение $\sigma \cdot n_0 = \Sigma$ принято называть макроскопическим нейтронным сечением. Величина Σ измеряется в 1/см. Эта величина аналогична коэффициенту ослабления μ для γ-излучения. Значения σ лежат в пределах 10^{-19} до 10^{-26} $см^2$, поэтому их удобно выражать в специальных единицах, названных барнами; 1 барн = 10^{-24} $см^2$.

В зависимости от вида взаимодействия различают эффективное сечение рассеяния $\sigma_{расс}$ и эффективное сечение захвата $\sigma_{захв}$. Полное эффективное сечение $\sigma = \sigma_{захв} + \sigma_{расс}$. Величина эффективного сечения зависит от атомного номера и массового числа ядер мишеней, а также от энергии нейтрона. Для быстрых и промежуточных нейтронов преобладающим процессом взаимодействия является рассеяние, то есть $\sigma_{расс}$ для этих нейтронов во много раз больше $\sigma_{захв}$. Поэтому быстрые и промежуточные нейтроны при прохождении через толщи вещества много раз рассеиваются ядрами, прежде чем захватятся ими.

При каждом рассеянии нейтрон передает часть своей энергии ядру и, следовательно, теряет скорость. Уменьшение кинетической энергии нейтрона зависит от отношения масс ядра и нейтрона, а также от величины угла рассеяния. Изменение энергии нейтрона тем больше, чем ближе его масса к массе ядра и чем больше угол рассеяния.

В частности, при рассеянии на протоне (имеющем массу приблизительно равную массе нейтрона) на угол более 90° нейтрон теряет всю свою энергию. При рассеянии на тяжелых ядрах изменение энергии нейтрона невелико, и можно приблизительно считать, что упругое рассеяние происходит без потери энергии.

В табл. 12 дано среднее число столкновений, необходимых для превращения быстрых нейтронов в медленные для различных веществ.

Таблица 12

Среднее число столкновений, необходимых для замедления нейтронов

Вещество	Массовое число	Необходимое число столкновений
Водород (легкий изотоп)	1	18
Дейтерий	2	25
Литий	7	67
Углерод	12	114
Азот	14	132
Свинец	207	2000

Процесс замедления продолжается до тех пор, пока энергия нейтрона не станет равной энергии теплового движения атомов среды. При комнатной температуре эта энергия равна 0,025 эв. Нейтроны, достигшие такой энергии, называются тепловыми. Таким образом, потери энергии медленного нейтрона при рассеянии продолжаются до тех пор, пока он не превратится в тепловой.

Вероятность рассеяния для медленного нейтрона примерно такая же, как и для быстрого. Однако медленные нейтроны захватываются ядрами значительно чаще, чем быстрые. Это является существенной особенностью взаимодействия медленных нейтронов по сравнению с быст-

рыми. Сечение захвата $\sigma_{захв}$ медленного нейтрона сильно зависит от массового числа «ядра-мишени» и изменяется обратно пропорционально его скорости. Следовательно, чем меньше энергия нейтрона, тем больше вероятность его захвата. На рис. 65 показано изменение эффективного сечения захвата нейтронов бором в зависимости от их энергии. Такой закон изменения σ является типичным для легких ядер. Однако опыт показывает, что для ядер с массовыми числами $A>100$ для некоторых значений энергий нейтронов эффективное

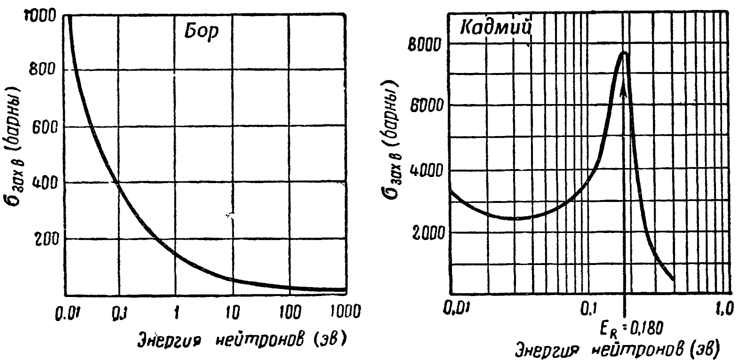


Рис. 65. Сечения захвата нейтронов бором и кадмием

сечение захвата скачком возрастает и становится значительно больше эффективного сечения для теплового нейтрона. Это явление получило название резонансного захвата. На другой части рис. 65 показана зависимость эффективного сечения $\sigma_{захв}$ от энергии нейтрона для кадмия. Из графика этого рисунка видно, что при резонансном значении энергии 0,18 эв величина σ возрастает приблизительно в три раза по сравнению с сечением для теплового нейтрона. Другие элементы, например индий, железо, золото, имеют два и более резонансных пиков.

Захват медленного нейтрона чаще всего сопровождается реакцией радиационного захвата. Реакция (n, γ) происходит как с легкими, так и тяжелыми ядрами.

В табл. 13 приведены эффективные сечения (в барнах) для ядер некоторых химических элементов.

Таблица 13

Эффективные сечения химических элементов (в барнах)

Название элемента	Тепловые нейтроны		Нейтроны с энергией 1 Мэв	
	$\sigma_{захв}$	$\sigma_{расс}$	$\sigma_{захв}$	$\sigma_{расс}$
Водород	0,33	38,0	Нет данных	4,3
Углерод	0,0045	4,8	То же	2,6
Азот	1,78	10,0	»	2,0
Кислород	Менее 0,0002	4,2	»	8,0
Натрий	0,50	4,0	0,00026	3,8
Алюминий	0,21	1,4	0,00037	2,5
Кремний	0,13	1,7	Нет данных	4,5
Марганец	12,7	2,3	0,0038	3,0
Кобальт	35,4	5,0	0,011	3,1
Медь	3,6	7,2	Нет данных	3,5

Примеры реакций (n, γ) на медленных нейтронах. 1) Легкое ядро: $_1H^1 + _0n^1 \rightarrow [_1H^2]^* \rightarrow _1H^2 + \gamma$, то есть при захвате нейтрона ядром обычного водорода образуется возбужденное ядро дейтерия, которое освобождается от избытка энергии путем испускания γ-кванта. Символ * означает, что составное ядро находится в возбужденном состоянии.

2) Тяжелое ядро: $_{79}Au^{197} + _0n^1 \rightarrow [_{79}Au^{198}]^* \rightarrow _{79}Au^{198} + \gamma$, то есть при захвате медленного нейтрона изотопом золота 197 образуется новый изотоп золота — Au^{198}.

Заметим, что довольно часто образуемые при захвате нейтрона ядра оказываются радиоактивными. Например, золото 198 является β-, γ-активным изотопом с периодом полураспада T = 2,7 дня. Это обстоятельство, как мы расскажем далее, используется для регистрации медленных нейтронов.

Реакции захвата медленного нейтрона, сопровождающиеся испусканием α-частицы или протона, встречаются значительно реже. Эти реакции встречаются лишь у некоторых легких ядер. Наоборот, реакция деления при захвате медленного нейтрона свойственна только для некоторых тяжелых ядер (например, U^{235}, Pu^{239}, U^{233}).

Примеры реакций захвата с испусканием α-частицы и протона на медленных нейтронах: испускание протона $_7N^{14} + _0n^1 \rightarrow _6C^{14} + _1H^1$, испускание α-частицы $_5B^{10} + _0n^1 \rightarrow _3Li^7 + _2He^4$.

Захват быстрых нейтронов ядрами сопровождается реакциями, в которых преобладает испускание заряженных частиц — протонов и α-частиц. Реакции типа (n, α) и (n,p) ограничиваются элементами, имеющими относительно небольшие массовые числа. Кроме того, эти реакции возможны лишь при энергиях нейтронов, превышающих некоторое определенное пороговое значение. Поэтому реакции (n,α) и (n,p) на быстрых нейтронах иногда называют пороговыми. Величина пороговой энергии нейтрона зависит от изотопа, однако она всегда больше 1 Мэв.

Из других реакций, возможных на быстрых нейтронах, можно указать на реакции (n,2n) и (n,3n). Реакция (n,2n) возможна лишь при пороговых значениях энергии нейтрона $E > 9$ Мэв. Реакция деления на быстрых нейтронах ограничена весьма небольшим количеством тяжелых ядер U^{235}, U^{233}, Pu^{239}, U^{238}, Th^{233}, Pa^{231}, Np^{237} и др.

Примеры реакций захвата на быстрых нейтронах с испусканием α-частицы и протона. Испускание протона $_{15}P^{31} + _0n^1 \rightarrow _{14}Si^{31} + _1p^1$ (порог энергии $E = 1{,}0$ Мэв). Испускание α-частицы $_{13}Al^{27} + _0n^1 \rightarrow _{11}Na^{24} + _2He^4$ (порог энергии $E = 3{,}3$ Мэв).

Как уже отмечалось, эффективное сечение захвата быстрого нейтрона во много раз меньше эффективного поперечного сечения рассеяния. Поэтому быстрый нейтрон заканчивает свое существование, как правило, не путем захвата, а путем превращения в медленный нейтрон.

В табл. 14 приведена сводная характеристика ядерных реакций, сопровождающих захват нейтронов.

Нейтрон, являясь электрически нейтральной частицей, не взаимодействует с электронами атома и, следовательно, сам не производит ионизации.

Ионизация вещества при распространении в нем нейтронов производится за счет «ядер отдачи», а также α-частиц, протонов и γ-излучения, испускаемых при захвате нейтронов. Например, ионизация тканей живого организма, в состав которых входят водород, кислород, азот, кальций и другие вещества, медленными

Таблица 14

Сводная характеристика ядерных реакций, сопровождающих захват нейтронов

№ по пор.	Обозначение реакции	Уравнение реакции	На каких нейтронах реакция идет наиболее успешно	Для каких ядер атомов характерно течение реакции	Примечание
1	(n, γ)	${}_zX^A + {}_0n^1 \rightarrow {}_zX^{A+1} + \gamma$	Медленные	Легкие и тяжелые	Общая энергия испускаемых γ-квантов около $7 \div 10$ Мэв.
2	(n, p)	${}_zX^A + {}_0n^1 \rightarrow {}_{z-1}X^A + {}_1p^1$	Быстрые	Легкие	Исключением являются ядра N^{14} и He^3, которые реагируют с медленными нейтронами.
3	(n, α)	${}_zX^A + {}_0n^1 \rightarrow {}_{z-2}X^{A-3} + {}_2He^4$	Быстрые	Легкие	Исключением являются ядра изотопов Li^6, B^{10}, C^{12}, которые реагируют с медленными нейтронами.
4	(n, 2n)	${}_zX^A + {}_0n^1 \rightarrow {}_zX^{A-1} + 2{}_0n^1$	Быстрые	Легкие и тяжелые	Как правило, возможна лишь на нейтронах очень большой энергии ($E > 9$ Мэв).
5	(n, f)	Ядро делится на два осколка с испусканием 2—3 нейтронов.	Медленные	Тяжелые, $Z > 92$ U^{235}, U^{233}, Pu^{239}	На быстрых нейтронах при $E > 1$ Мэв, кроме того, делятся U^{238}, Th^{232}, Pd^{231}, Np^{237}.

нейтронами производится главным образом за счет захватного γ-излучения, возникающего при захвате нейтронов ядрами водорода, а также за счет протонов, испускаемых при захвате медленных нейтронов ядрами азота. Ионизация живой ткани быстрыми нейтронами производится в основном за счет протонов отдачи, приведенных в движение при столкновении с быстрыми нейтронами.

Пучок нейтронов, как и γ-излучение, ослабляется веществом за счет двух процессов: рассеяния и поглощения (захвата). Поэтому законы ослабления пучка нейтронов и γ-излучения подобны по своей природе.

В частности, узкий параллельный пучок нейтронов ослабляется по экспоненциальному закону

$$П = П_0 e^{-\Sigma R},$$

где $П_0$ — поток нейтронов перед входом в преграду;
$П$ — поток нейтронов за преградой;
R — толщина преграды;
Σ — полное макроскопическое нейтронное сечение.

Величина $\lambda = \frac{1}{\Sigma}$ называется средней длиной пробега нейтрона в веществе. Численно величина λ равна слою вещества, при прохождении которого поток нейтронов ослабляется в e раз.

В таблице 15 приведены величины Σ и λ для нейтронов с энергией 1 Мэв при распространении их в различных веществах.

Таблица 15

Значения Σ и λ для нейтронов с энергией 1 Мэв

Материал	Вода	Алюминий	Железо	Свинец
Σ (1/см)	0,550	0,150	0,170	0,178
λ (см)	1,83	6,7	5,90	5,6

Формула $П = П_0 e^{-\Sigma R}$ не учитывает рассеянных нейтронов, то есть при ее использовании предполагается, что каждый рассеянный нейтрон выбрасывается из пучка.

В действительности те нейтроны, которые рассеяны под небольшими углами, остаются в пучке, увеличивая

суммарный поток нейтронов. Для учета рассеянных нейтронов в формулу можно ввести множитель — коэффициент накопления, который зависит от начальной энергии нейтрона, вида ослабляющего вещества и толщины ослабляющего слоя. Однако в настоящее время для нейтронов нет достаточно надежных методов расчета коэффициента накопления. Поэтому обычно законы ослабления нейтронного потока находятся для каждого вещества на основе эксперимента.

3. Единица измерения ионизирующего действия ядерных излучений

Как уже отмечалось, вредное биологическое действие ядерных излучений обусловлено их способностью ионизировать атомы и молекулы, входящие в состав живой ткани. В результате ионизации в ряде случаев происходит распад и образование новых молекул, что приводит к изменению свойств жизненно важных частей клетки. Механизм биологического воздействия ядерных излучений на живой организм в настоящее время нельзя считать окончательно выясненным. Большинство исследователей считает, что большую роль в биологическом действии ядерных излучений играют процессы ионизации молекул воды, входящих в состав живых тканей (в организме содержится воды до 70% и более). Так, экспериментально показано, что гибель высушенных (безводных) вирусов, спор бактерий и семян вызывается дозами излучения, в тысячи раз большими, чем в водном растворе.

При выбивании электрона из молекулы воды получается положительный ион H_2O^+; выбитый электрон «прилипает» к другой молекуле, в результате чего образуется отрицательный ион H_2O^-. Образовавшиеся ионы неустойчивы и распадаются (диссоциируют) по следующей схеме:

$$H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH$$

$$H_2O^- \rightarrow HO^- + H.$$

Наряду с диссоциацией протекает обратный процесс — образование молекул водорода и перекиси водорода:

$$H + H \rightarrow H_2$$

$$OH + OH \rightarrow H_2O_2.$$

Перекись водорода и продукты разложения (H, OH, O) даже в микроскопических количествах вредно действуют на живую ткань, вызывая своеобразное химическое отравление организма.

Выбор единицы ионизирующего действия ядерных излучений тесно связан с оценкой их вредного биологического действия.

Степень ионизации любого вещества характеризуется числом пар ионов, образованных радиоактивным излучением в одном кубическом сантиметре или грамме этого вещества. На образование одной пары ионов в каждом веществе затрачивается вполне определенная энергия, которая, как нам уже известно, называется работой ионизации. Поэтому по величине произведенной ионизации можно судить о величине поглощенной энергии, и наоборот. Число пар ионов, образованных в 1 $см^3$ вещества, равно отношению энергии, поглощенной этим количеством вещества в 1 $см^3$, к средней работе ионизации. Например, если в 1 $см^3$ воздуха поглощенная энергия равна $100 \cdot 10^6$ эв, то образуется $\frac{100 \cdot 10^6 \text{ эв}}{32,5 \text{ эв}} \cong 3 \cdot 10^6$ пар ионов в $см^3$.

Энергия излучений, поглощенная в одном кубическом сантиметре вещества, называется **дозой излучения.** Чем больше доза, тем больше степень ионизации вещества. Для гамма-лучей, имеющих постоянную интенсивность, доза излучения Д равна

$$Д = \mu_а E t,$$

где t — время облучения;
E — интенсивность излучения;
$\mu_а$ — линейный коэффициент поглощения гамма-лучей в веществе.

Поглощение энергии гамма-лучей, то есть переход ее в кинетическую энергию быстрых вторичных электронов, ионизирующих среду, происходит за счет фотоэлектрического поглощения, поглощения энергии при комптоновском эффекте и процесса образования пар.

Заметим, что величина коэффициента $\mu_а$ всегда меньше коэффициента ослабления μ, так как рассеянные гамма-кванты уносят энергию из пучка лучей без поглощения ее веществом среды.

В табл. 16 приведены значения коэффициента μ_a для воздуха в зависимости от энергии γ-квантов.

Таблица 16

Величина коэффициента μ_a для воздуха при нормальных условиях ($\rho = 0,00129$ г/см^3)

E_γ (Мэв)	0,1	0,5	1	2	3	5
μ_a (1/см)	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$3,56 \cdot 10^{-5}$	$3,04 \cdot 10^{-5}$	$2,72 \cdot 10^{-5}$	$2,35 \cdot 10^{-5}$

Из формулы для Д можно заключить, что величина дозы возрастает прямо пропорционально интенсивности излучения и времени облучения. Кроме того, через коэффициент μ_a она зависит от величины энергии гамма-кванта, плотности облучаемого вещества и его атомного номера Z.

Поскольку величина дозы зависит от свойств среды, то естественно сравнивать ионизирующее действие излучений по величине дозы, создаваемой ими в одной и той же среде. В качестве такой среды выбран воздух, и сама единица дозы определена по степени ионизации воздуха. Эта единица дозы названа рентгеном в честь известного немецкого физика Рентгена, открывшего рентгеновские лучи.

Рентген — это такая доза рентгеновского и гамма-излучения, при которой в одном кубическом сантиметре сухого воздуха при нормальных условиях[1] образованные ионы одного знака имеют суммарный заряд, равный одной электростатической единице количества электричества (CGSE).

Заряд электрона равен $4,8 \cdot 10^{-10}$ CGSE, поэтому если предположить, что каждый из ионов имеет заряд одного электрона, то число пар ионов, образующихся при дозе в один рентген в 1 см^3 воздуха равно $\frac{1}{4,8 \cdot 10^{-10}} = 2,08 \cdot 10^9$, то есть примерно двум миллиардам.

Отсюда следует несколько иное определение рентгена: рентген — это такая доза излучения, при которой в одном кубическом сантиметре воздуха при нормальных

[1] Температура 0° С и давление 760 мм ртутного столба.

условиях образуется приблизительно два миллиарда пар ионов, каждый из которых имеет заряд, равный заряду электрона.

Нетрудно найти, какой поглощенной энергии соответствует доза в один рентген. Энергия, затрачиваемая на образование одной пары ионов в воздухе, равна 32,5 эв; при дозе в один рентген образуется 2,08 миллиарда пар ионов, поэтому поглощенная энергия излучения в 1 $см^3$ равна: 2,08 миллиарда пар ионов $\times$ 32,5 эв = 68 миллиардов электрон-вольт ($68 \cdot 10^3$ Мэв).

Определение единицы дозы по степени ионизации воздуха, выраженной в рентгенах, объясняется, во-первых, тем, что степень ионизации воздуха можно наиболее просто измерить и, во-вторых, энергии, поглощенные 1 $см^3$ живой ткани и 1 $см^3$ воздуха, пропорциональны друг другу в широком диапазоне энергии гамма-квантов. Множитель пропорциональности равен отношению плотностей ткани и воздуха. Последнее обстоятельство позволяет судить о степени ионизации живых тканей по степени ионизации воздуха, не итересуясь энергией гамма-квантов.

Отношение плотности ткани к плотности воздуха равно 770, поэтому если в воздухе будет измерена доза в один рентген, то ткань живого организма получит дозу в 770 раз больше. Однако такой пересчет обычно не делают, а о степени ионизации ткани непосредственно судят по величине дозы, измеренной в воздухе.

В приведенном выше выражении доза измеряется в единицах энергии на 1 $см^3$. Один рентген соответствует поглощению 1 $см^3$ воздуха $68 \cdot 10^3$ Мэв энергии γ-излучения, поэтому если правую часть формулы поделить на эту величину, то можно получить выражение для дозы в рентгенах:

$$D = \frac{\mu_a Et}{68 \cdot 10^3} = 0,147 \cdot 10^{-4} \mu_a Et.$$

В последней формуле интенсивность E должна выражаться в Мэв/$см^2$сек., время t — в секундах.

Доза, накапливаемая в течение единицы времени, называется **мощностью дозы.** Если мощность дозы P постоянна, то $P = \frac{D}{t} = 0,147 \cdot 10^{-4} \mu_a E$ рентген/сек.

Обычно принято мощность дозы измерять в рентгенах в час; так как 1 час = 3600 сек., то

$$P = 0{,}147 \cdot 10^{-4}\ 3600\mu_a E = 0{,}0525\mu_a \cdot E_\gamma J \text{ рентген/час,}$$

где $E\gamma$ — энергия кванта в Мэв;

J — поток γ-квантов через 1 см² в 1 сек.

Подсчитаем мощность дозы, создаваемую секундным потоком гамма-квантов $J = 1000$ квант/сек. см² с энергией кванта $E_\gamma = 1$ Мэв. Из табл. 16 для воздуха находим $\mu_a = 3{,}56 \cdot 10^{-5}$ 1/см. Тогда $P = 0{,}0525\mu_a E_\gamma J = 0{,}0525 \times \times 3{,}56 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 1000 = 19 \cdot 10^{-4}$ рентген/час.

Наконец, поток γ-квантов через 1 см², создающий дозу в 1 рентген, можно найти по такой простой формуле:

$$\Pi \simeq \frac{2 \cdot 10^9}{E_\gamma} \text{ квант/см}^2,$$

где E_γ — измеряется в мегаэлектрон-вольтах.

Если, например, $E_\gamma = 1$ Мэв, то для создания дозы в 1 рентген через 1 см² облучаемой поверхности должно пройти $2 \cdot 10^9$ квантов.

Для измерения ионизирующего действия заряженных частиц (β-, α-частиц, протонов) и нейтронов применяют единицу, получившую название «физического эквивалента рентгена» (фэр), или физического рентген-эквивалента (фрэ). Дозам в 1 фэр и в 1 рентген γ-излучения соответствует одна и та же степень ионизации воздуха.

Однако одинаковой ионизации воздуха под воздействием α-, β-, γ-излучений и нейтронов соответствует различное биологическое действие. Иначе говоря, доза в 1 рентген от гамма-излучения по биологическому действию не эквивалентна, например, дозе в 1 фэр от нейтронного потока. Это объясняется различным характером ионизации отдельных видов ионизирующих излучений. Поэтому для оценки биологического действия принята специальная единица — биологический эквивалент рентгена (бэр), или биологический рентген-эквивалент (брэ); 1 бэр соответствует действию частиц, равному биологическому действию γ-излучения при дозе в 1 рентген.

В табл. 17 приведена относительная биологическая эффективность различных излучений при одной и той же

Таблица 17

Относительная биологическая эффективность различных излучений при одной и той же степени ионизации воздуха

Излучение	Рентген или фэр	Относительная биологическая эффективность
Рентгеновское излучение	1	1
Гамма-излучение	1	1
Бета-частицы	1	1
Тепловые нейтроны	1	5
Быстрые нейтроны	1	10
Протоны	1	10
α-частицы	1	20

степени ионизации воздуха. Из этой таблицы следует, что при одной и той же дозе, выраженной в фэр, наиболее биологически вредным излучением является α-излучение. Последнее объясняется тем, что α-частицы обладают наибольшей ионизирующей способностью. Быстрые нейтроны обладают примерно такими же биологическими действиями, что и протоны, так как ионизация живых тканей под воздействием быстрых нейтронов происходит за счет протонов отдачи. Рентгеновское, гамма-излучение и бета-частицы имеют одинаковую биологическую вредность, ионизация среды этими излучениями имеет примерно один и тот же характер, так как она обусловлена действием вторичных электронов.

Для оценки биологического действия нейтронов важно знать величину потока нейтронов через 1 см^2, создающих дозу в 1 бэр. Эти данные в зависимости от величины энергии нейтрона приводятся в табл. 18.

Таблица 18

Величина потока нейтронов, создающих дозу в 1 бэр

Энергия нейтрона	Поток нейтронов через 1 см^2, создающий дозу в 1 бэр
Тепловые	10^9
5 Кэв	$8 \cdot 10^8$
0,5 Мэв	$4 \cdot 10^7$
2,5 Мэв	$1{,}8 \cdot 10^7$

О поражающем действии ядерных излучений мы более подробно расскажем ниже. Сейчас же для того, чтобы представить себе рентген как единицу дозы, приведем несколько примеров.

Все мы непрерывно подвергаемся воздействию космического и гамма-излучения, происходящего от естественных загрязнений почвы, воздуха и воды радиоактивными веществами. Доза, создаваемая этими излучениями, не превышает 0,1 рентгена за год. У каждого из нас один или несколько раз в году врачами производится рентгеноскопия грудной клетки; доза, создаваемая при этом рентгеновскими лучами, составляет около 0,05 рентгена за одно обследование.

На ручные часы со светящимся в темноте циферблатом иногда наносят светящуюся смесь, состоящую из сернистого цинка и незначительного количества радия (около 0,000001 г). Радий излучает гамма-лучи, которые проходят через стенку футляра часов и создают в средней части тела человека дозу около 0,04 рентгена за год.

Эти три примера иллюстрируют величины доз, безопасных для здоровья человека.

4. Методы обнаружения и измерения ядерных излучений

Область измерительной техники, занимающаяся обнаружением и измерением ядерных излучений, получила название дозиметрии. Дозиметрия включает в себя два следующих основных вида измерений.

1) Рентгенометрия — измерение ионизирующего действия ядерных излучений (в рентгенах).

2) Радиометрия — определение активности источников ядерных излучений, измерение потока частиц, а также степени заражения (загрязнения) различных поверхностей и объемов радиоактивными веществами.

Методы регистрации и измерения ядерных излучений основаны, как правило, на способности этих излучений ионизировать вещество среды, в которой они распространяются. Ионизация в свою очередь может явиться причиной целого ряда физических или химических изменений в веществе среды. Подобные изменения во многих случаях могут быть сравнительно просто зафиксированы и измерены количественно. К таким изменениям,

возникающим под воздействием ядерных излучений, относятся: появление ионного тока в газах, засвечивание фотопленок, изменение окраски химических растворов и твердых веществ (например, стекол), свечение (люминесценция) некоторых составов, изменение сопротивления полупроводников и т. д.

Ионизационные камеры. Газ, изолированный от ионизирующего воздействия, совершенно не проводит электрического тока. Это объясняется тем, что носителями тока в газах являются ионы и свободные электроны, которые возникают в газе только в результате действия какого-либо внешнего ионизатора.

Способность газов становиться проводниками электрического тока при воздействии на них ядерных излучений положена в основу действия большинства современных дозиметрических приборов. Воспринимающими элементами таких приборов являются ионизационные камеры и газоразрядные счетчики.

Ионизационная камера представляет собой устройство из двух изолированных друг от друга электродов, к которым приложено постоянное напряжение.

В простейшем случае ионизационная камера (рис. 66) может быть выполнена в виде двух металлических параллельных пластин — электродов. Пространство между пластинами, называемое рабочим объемом камеры, заполняется каким-либо газом, чаще всего воздухом.

В результате прохождения ядерного излучения через рабочий объем камеры в нем образуются положительные и отрицательные ионы.

При отсутствии напряжения между пластинами ионы, как и все другие нейтральные атомы и молекулы газа, будут находиться в беспорядочном тепловом движении. Однако если к пластинам приложить напряжение, движение ионов становится направленным: положительные ионы под действием электрического поля будут приближаться к отрицательному электроду — катоду, отрицательные — к положительно заряженному электроду — аноду. Чем больше напряжение и чем меньше расстояние между пластинами, тем больше скорость движения ионов.

Направленное движение заряженных частиц и является причиной появления ионизационного тока в цепи камеры. Сила ионизационного тока равна суммарному

электрическому заряду, принесенному ионами к поверхности электрода в течение одной секунды. Чем больше ионов собирается у электродов, тем больше сила тока. Этот ток может быть зарегистрирован с помощью какого-либо электроизмерительного прибора, включенного в цепь камеры. Вне зоны действия ядерных излучений ионы отсутствуют в рабочем объеме камеры, поэтому прибор не покажет тока (стрелка будет стоять на нуле).

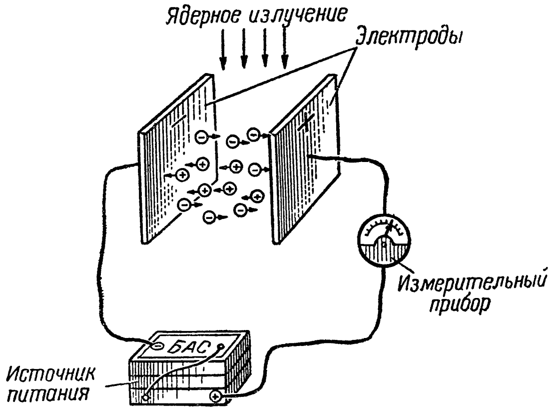


Рис. 66. Принцип действия ионизационной камеры

Наряду с процессом ионизации в газе одновременно происходит и обратный процесс — рекомбинация, то есть соединение ионов противоположного знака, в результате чего образуется нейтральный атом или молекула. Из-за наличия рекомбинации не все ионы и электроны, образованные ядерным излучением, успевают попасть на электроды. Особенно заметно процесс рекомбинации сказывается при малых напряжениях. В этом случае скорость движения ионов относительно невелика, и за время их движения большая часть ионов рекомбинируется, и лишь незначительная часть попадает на электроды.

С увеличением напряжения возрастает скорость движения ионов и электронов, что приводит к уменьшению времени движения до электродов и вероятности их рекомбинации. С уменьшением числа рекомбинирующихся ионов возрастает число ионов, попадающих на электроды, и, следовательно, возрастает ионизационный ток.

Однако наступит момент, когда увеличение напряжения уже не будет вызывать возрастания тока вследствие того, что практически все ионы будут собираться на электродах.

Ток, при котором практически все ионы, образующиеся в камере в результате воздействия ионизирующего излучения, собираются на электродах, называется током насыщения.

Ионизационные камеры работают, как правило, в области насыщения; величина тока насыщения пропорциональна числу образующихся ионов, и поэтому она может служить мерой ионизирующего действия излучения. По своему назначению ионизационные камеры разделяются на два типа:

1) Интегрирующие ионизационные камеры, которые используются для измерения суммарной ионизации, вызванной прохождением через камеру значительного количества ионизирующих частиц.

2) Счетно-ионизационные камеры, которые служат для регистрации и определения ионизирующего действия одной какой-либо ионизирующей частицы (например α-частицы), попавшей в рабочий объем камеры.

В интегрирующей ионизационной камере величина тока насыщения может служить мерой мощности дозы излучения, которая пропорциональна числу пар ионов, образующихся в одном кубическом сантиметре в единицу времени. Для измерения мощности дозы шкала электроизмерительного прибора должна быть проградуирована не в единицах силы тока, а в единицах мощности дозы (рентген/час).

Несмотря на кажущуюся простоту устройства ионизационной камеры, при ее изготовлении и отладке встречаются серьезные трудности, связанные с измерением слабых ионизационных токов. Дело в том, что в ионизационных камерах сила ионизационного тока очень мала даже при сравнительно мощном излучении. Например, если рабочий объем камеры равен одному литру, то при мощности дозы излучения в один рентген в час величина тока не превосходит одной десятимиллиардной доли ампера. Такие малые токи обычными электроизмерительными приборами могут быть измерены лишь после их предварительного усиления с помощью электронных усилителей.

Форма и размеры электродов ионизационной камеры в зависимости от ее назначения могут быть самыми разнообразными. Встречаются камеры, электроды которых выполнены в виде двух параллельных пластин, концентрических шаров и иной формы. Электроды изготовляются обычно из бакелита, плексигласа или другого легкого материала и покрываются тонким слоем графита. Часто электроды камеры изготовляют из проводящей пластмассы.

Вследствие того, что бета- и особенно альфа-частицы обладают небольшой проникающей способностью, ионизационная камера, предназначенная для измерения этих излучений, должна иметь окно, закрытое тонкой пленкой, через которое эти частицы могли бы проникать в рабочий объем камеры. При измерении альфа-излучения, кроме того, камеру необходимо подносить непосредственно к источнику излучения или лучше даже этот источник помещать непосредственно в рабочий объем камеры, так как альфа-частицы сильно поглощаются воздухом, окружающим прибор.

Гамма-лучи обладают большой проникающей способностью; они без заметного поглощения проходят через стенки камеры толщиной в несколько миллиметров, поэтому камера с такими стенками фактически открыта со всех сторон для проникновения внутрь ее гамма-квантов.

Стенки камеры оказывают большое влияние на измерение ионизирующего действия гамма-лучей. Нам уже известно, что ионизация вещества гамма-квантами производится за счет вторичных быстрых электронов, возникающих при взаимодействии гамма-квантов с атомами вещества. В камере эти вторичные электроны образуются как в газе, наполняющем ее рабочий объем, так и в ее стенках. Ионизирующее действие вторичных электронов, вырванных гамма-квантами из атомов материала стенки, принято называть «действием стенки». Естественно, в рабочий объем камеры попадают только те вторичные электроны, которые возникают в поверхностном слое стенки камеры. Толщина этого слоя не превышает длины пробега электрона в веществе стенки, то есть не более нескольких миллиметров, если стенки камеры изготовлены из пластмассы. Однако поскольку плотность материала стенок в тысячи раз больше, чем плотность газа,

то число вторичных электронов, образованных гамма-излучением в стенках и попавших в рабочий объем, в сотни раз больше, чем число вторичных электронов, возникающих непосредственно в газе. Это обстоятельство приводит к тому, что электроны, выбитые из стенки гамма-квантами, создают основную ионизацию в рабочем объеме камеры и, следовательно, определяют величину ионизационного тока.

Наличие действия стенки обусловливает необходимость изготовления стенок камеры из так называемых **воздухоэквивалентных** материалов. К этим материалам относятся бакелит, плексиглас и другие легкие вещества. Дозы излучения в одном грамме воздуха и таких веществ равны в широком диапазоне энергии гамма-квантов, поэтому ионизация, создаваемая «действием стенки» из воздухоэквивалентного материала, оказывается пропорциональной ионизации воздуха. Это обстоятельство позволяет использовать камеры, стенки которых изготовлены из легких материалов, для измерения доз гамма-излучения, в состав которого входят гамма-кванты различных энергий, непосредственно в рентгенах.

Газоразрядные счетчики. Как уже отмечалось, счетно-ионизационная камера может быть использована для регистрации отдельных частиц излучения, проходящих через ее рабочий объем, так как каждая частица, создавшая ионы, вызовет в электрической цепи скачок (импульс) тока. Но в ионизационных камерах величины импульсов тока, создаваемых отдельными частицами, очень малы и для их измерения требуются сложные усилители. Поэтому ионизационные камеры находят применение главным образом для измерения суммарного ионизационного эффекта, вызванного прохождением большого числа частиц через их рабочий объем.

Для регистрации отдельных частиц, а также для измерения мощностей доз гамма-излучения широкое применение нашли газоразрядные счетчики.

Если к электродам ионизационной камеры, изображенной на рис. 66, приложить напряжение, равное нескольким тысячам вольт, то ее можно превратить в газоразрядный счетчик. С увеличением напряжения растет скорость электронов, двигающихся к положительному электроду. При некотором напряжении скорость электронов может достигнуть такой величины, что при

встрече с нейтральными атомами и молекулами они сами ионизируют их. Это явление получило название ударной ионизации. В результате ударной ионизации один первоначальный электрон после столкновения с нейтральным атомом создает еще один электрон и положительный ион. Эти электроны, приобретая большие скорости, в свою очередь создают новые ионы и электроны и т. д. После десятого столкновения от каждого начального электрона возникает уже тысяча ионов. Число ионов и

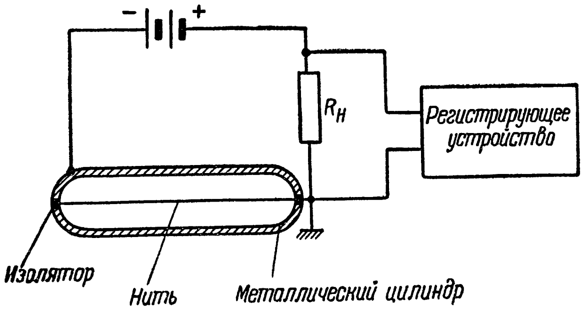


Рис. 67. Устройство газоразрядного счетчика

электронов растет, как снежный ком, катящийся с горы. Таким путем небольшое число первичных ионов, созданных ионизирующей частицей, умножается в миллионы раз, что приводит к резкому возрастанию тока по сравнению с током, созданным той же ионизирующей частицей в ионизационных камерах.

На рис. 67 показана конструкция газоразрядного счетчика. Он обычно состоит из тонкостенного металлического цилиндра, вдоль оси которого установлена металлическая нить. Нить является анодом, цилиндр — катодом. Пространство между цилиндром и нитью заполнено газом при пониженном давлении. В качестве наполнителей берутся обычно инертные газы (аргон, неон или их смесь), в которых отрицательными ионами являются электроны. Выбор этих газов объясняется тем, что электроны, обладая массой в несколько тысяч раз меньшей, чем у ионов, более подвижны и их легче разогнать до скоростей, при которых начинается ударная ионизация. Применение анода в виде тонкой металлической нити радиусом в десятые доли миллиметра позволяет значи-

тельно снизить величину напряжения, при котором начинается **ударная ионизация.** Если для плоских электродов величина этого напряжения равна нескольким тысячам вольт, то для цилиндрических электродов она равна всего нескольким сотням вольт, поэтому газовые счетчики практически всегда выполняются цилиндрическими.

Рассмотрим, каким образом счетчик может быть использован для регистрации ядерных частиц. При отсутствии ядерного излучения газ, наполняющий счетчик, состоит из нейтральных атомов и не проводит электрического тока, электрическая цепь счетчика разомкнута и ток по ней не течет. Предположим, что внутрь цилиндра проникла ионизирующая частица, которая создала на своем пути хотя бы одну пару ионов. Под действием сил электрического поля положительный ион устремляется к катоду, а электрон — к нити (аноду). Электрон быстро разгоняется до таких скоростей, при которых он начинает ионизировать ударом встретившиеся на его пути нейтральные атомы и молекулы газа. В результате этого вблизи нити создается целая лавина электронов и положительных ионов. За время, равное примерно одной миллионной доле секунды, все электроны соберутся на нити. Относительно тяжелые и поэтому малоподвижные положительные ионы за это время практически не сдвинутся с места. В следующей стадии электрического разряда ионы движутся к катоду, это продолжается примерно в течение одной десятитысячной секунды. Ионы, подошедшие к катоду, вырывая из него электроны, нейтрализуются, то есть превращаются в нейтральные атомы и молекулы газа.

Движение ионов и электронов вызывает в электрической цепи счетчика импульс тока, который, проходя по нагрузочному сопротивлению, создает импульс напряжения. Таким образом, частица, прошедшая через счетчик, регистрируется им в виде импульса напряжения.

После усиления импульс напряжения подается к регистрирующему прибору, автоматически считающему импульсы, а значит, и частицы, проходящие через рабочий объем счетчика.

До тех пор пока положительные ионы не отойдут на достаточно большое расстояние от анода, возникновение следующей лавины ионов в счетчике невозможно, так как положительно заряженный «чехол» ионов резко

уменьшает напряженность электрического поля вблизи нити. Поэтому, пока ионы находятся вблизи анода, счетчик остается «равнодушным» ко всякой новой частице.

Время собирания положительных ионов на катоде счетчика принято называть «мертвым» временем. «Мертвое» время газовых счетчиков относительно велико — 0,0001 сек., что является их существенным недостатком, так как при интенсивном потоке частиц многие из них могут быть незарегистрированы.

В зависимости от величины напряжения, приложенного к электродам счетчика, он может работать в режиме пропорционального усиления (пропорциональные счетчики) или в режиме самостоятельного разряда.

В **пропорциональных счетчиках,** работающих при сравнительно низких напряжениях питания, амплитуда регистрируемых импульсов напряжения пропорциональна заряду ионов, созданных ионизирующей частицей. Поэтому такие счетчики могут быть использованы не только для счета частиц, но также для определения их ионизирующего действия. Однако в пропорциональных счетчиках отношение общего числа произведенных ионов к начальному числу ионов, образованных исходной ионизирующей частицей, сравнительно невелико (до 10 тыс.), поэтому они находят применение главным образом для регистрации частиц с большой ионизирующей способностью (альфа-частиц).

При достаточно высоких напряжениях питания счетчика (300—1000 вольт, в зависимости от его конструкции) он переходит в режим самостоятельного электрического заряда, который характеризуется независимостью общего числа произведенных ионов от величины первоначальной ионизации. Счетчики, работающие в таком режиме, получили название **счетчиков Гейгера — Мюллера.** В этих счетчиках амплитуда регистрируемого импульса напряжения не зависит от величины первоначальной ионизации: для частиц с малой и большой ионизирующей способностью она остается одной и той же. Поэтому счетчики Гейгера — Мюллера не могут быть непосредственно использованы для измерения ионизирующего действия излучения. Однако они обладают по сравнению с пропорциональными счетчиками огромной чувствительностью, что обусловило их широкое использование для измерения потоков бета-частиц и гамма-квантов.

Важнейшей характеристикой газовых счетчиков является их эффективность. Эффективностью счетчика называется отношение числа частиц, вызвавших разряд, к общему числу частиц, попавших в счетчик. Эффективность газовых счетчиков к альфа- и бета-частицам близка к 100%. Эффективность счетчиков к гамма-квантам составляет $0{,}2 \div 1{,}5\%$.

Регистрация гамма-квантов счетчиками, как и в ионизационных камерах, происходит главным образом за счет вторичных электронов, выбиваемых гамма-квантами из стенок счетчика. Выбитые из стенки счетчика электроны, попадая в рабочий объем, вызывают в нем электрический разряд. Эффективность счетчика зависит от энергии гамма-кванта. Например, у счетчика с катодом из алюминия с увеличением энергии гамма-кванта от 0,4 до 2 Мэв эффективность возрастает от 0,2% до 1,2%. Поэтому, если энергия регистрируемых гамма-квантов неизвестна, ошибки в определении числа гамма-квантов, прошедших через счетчик, могут быть велики.

Различия в конструкциях счетчиков определяются в основном их назначением.

Счетчики для измерения потока α-частиц должны иметь окно, затянутое тонкой слюдяной пленкой толщиной около 0,001 см, в которой не происходит значительного уменьшения энергии α-частиц. Окно находится в торце счетчика, поэтому счетчики такого типа называют торцовыми.

Рабочее напряжение на α-счетчик подается такой величины, чтобы он работал в пропорциональной области. Тогда импульсы от α-частиц будут иметь величину в 30—50 раз больше, чем от β-частиц и γ-квантов. При повышении рабочего напряжения до определенной величины этот счетчик переходит в область самостоятельного разряда и может быть использован для счета β-частиц и γ-квантов.

Торцовые счетчики применяются также для регистрации потока β-частиц. В этом случае толщина слюдяной пленки, закрывающей окно счетчика, берется равной около 0,005 см. Поглощение β-частиц даже малых энергий (до 0,05—0,1 Мэв) в такой пленке невелико.

Для регистрации потока β-частиц сравнительно большой энергии (выше 0,5—1 Мэв) применяются цилиндрические счетчики, стенки которых изготовлены из алюми-

ния или стали толщиной около 0,01 см. Такие счетчики имеют бо́льшую чувствительность, чем торцовые, так как их рабочая поверхность значительно больше, чем у торцовых, и находят широкое применение в полевой дозиметрической аппаратуре. Для регистрации потока γ-квантов применяются счетчики цилиндрической формы, имеющие стенки толщиной в несколько миллиметров. Обычно при измерениях потока гамма-квантов применяются цилиндрические счетчики с дополнительными чехлами, в которых полностью поглощаются бета-частицы.

Фотоиндикаторы. Фотографические пленки нашли широкое применение для измерения доз гамма-излучения. В отличие от альфа-частиц гамма-кванты, воздействуя на фотоэмульсию, не образуют следов, а вызывают общее почернение проявленной пленки. Степень (плотность) почернения пленки пропорциональна дозе гамма-излучения. С помощью фотопленок можно измерять дозы гамма-излучения от десятых долей рентгена до нескольких десятков тысяч, однако при этом должны использоваться пленки, имеющие различную чувствительность. Определение плотности потемнения пленки производится с помощью специальных приборов, получивших название денситометров. Для определения дозы в рентгенах плотность потемнения пленки сравнивается с плотностью потемнения другой пленки, которая была засвечена гамма-излучением, создавшим известную дозу.

Сравнение плотностей потемнения двух пленок можно производить лишь в том случае, если их проявление проведено в строго одинаковых условиях. Проявление должно производиться в одном и том же бачке, при постоянной концентрации и температуре проявителя, а также при одинаковом времени проявления.

Зависимость плотности потемнения от дозы для данного сорта фотопленки показана на рис. 68. До некоторого значения дозы $Д_1$ плотность потемнения прямо пропорциональна дозе Д, далее плотность потемнения увеличивается медленнее, чем доза, и, наконец, начиная от значений $Д_2$, при увеличении дозы наблюдается уже убывание плотности потемнения. Последнее обстоятельство может явиться причиной грубых ошибок в измерении дозы, так как одной и той же плотности потемнения соответствуют два ее значения. Поэтому чувствительность фотопленки должна подбираться такой, чтобы исключить

возможность работы на последнем участке кривой зависимости плотности потемнения от величины дозы.

Установлено, что если фотопленки подвергаются воздействию гамма-квантов с энергией менее 0,3 Мэв, плотность потемнения их зависит не только от величины дозы, но и от жесткости излучения, то есть от энергии гамма-квантов. Иначе говоря, при одних и тех же дозах излучения, но различных энергиях гамма-квантов плотности потемнения фотопленок получаются разными. Это обстоятельство является существенным недостатком фотоиндикаторов, так как может привести к грубым ошибкам измерения доз смешанного гамма-излучения, в состав которого входят гамма-кванты с энергией менее 0,3 Мэв.

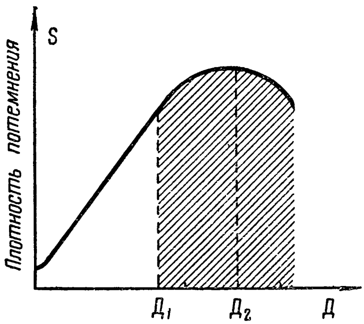


Рис. 68. Зависимость плотности потемнения фотопленки от величины дозы

При энергиях гамма-квантов с энергией более 0,3 Мэв плотность потемнения фотопленки, оставаясь пропорциональной дозе излучения, не зависит от энергии гамма-кванта. Для устранения зависимости плотности потемнения от энергии гамма-кванта фотопленка с обеих сторон закрывается свинцовыми или кадмиевыми листами толщиной около 1 мм. Такие металлические фильтры почти без заметного поглощения пропускают гамма-кванты большой энергии и сильно ослабляют гамма-излучение с энергиями гамма-квантов менее 0,3 Мэв. В результате этого зависимость плотности потемнения пленки от энергии гамма-квантов в значительной мере сглаживается, то есть плотность потемнения при одних и тех же дозах излучения остается постоянной в более широком диапазоне энергий гамма-квантов.

Химические индикаторы[1]. За последние годы разработан еще один практически важный метод измерения доз гамма-излучения и потока быстрых нейтронов. Этот

[1] См. подробнее в книге «Дозиметрия ионизирующих излучений», Медгиз, 1956 г.

метод основан на химическом действии ядерного излучения. Установлено, что при облучении хлорированных углеводородов (хлорофин, трихлорэтилен) и некоторых других химических соединений образуется кислота, количество которой в широких пределах пропорционально дозе гамма-излучения и нейтронной дозе. Количество образованной кислоты наиболее удобно определять с помощью цветных индикаторов, то есть веществ, густота окраски которых зависит от концентрации выделившейся кислоты. На основе этого действия гамма-лучей и нейтронов можно создать очень простые индикаторы доз. Химический индикатор представляет собой стеклянную ампулу, заполненную жидкостью, состоящей из хлорированных углеводородов и водного раствора цветного индикатора. Величина дозы находится путем сравнения цвета раствора с цветом растворов контрольных индикаторов, то есть индикаторов, облученных известными дозами. Определение густоты окраски раствора производится с помощью колориметра. Простота обработки химического индикатора по сравнению с фотопленками делает этот метод более перспективным, чем фотографический.

Химические индикаторы позволяют измерять дозы в широких пределах (до миллиона рентген), однако их чувствительность к малым дозам весьма мала, поэтому в настоящее время они используются в основном для измерения больших доз (десятки и сотни рентгенов).

Сцинтилляционные счетчики. Еще в начале XX века было установлено, что под действием радиоактивных излучений некоторые вещества начинают люминесцировать, то есть испускают свет. К ним относятся сернистый цинк, иодистый натрий, кристаллы нафталина, антрацена и многие другие (как твердые, так и жидкие) вещества.

Прохождение альфа-, бета-частицы или гамма-кванта через люминесцирующие вещества вызывает вспышку света, названную сцинтилляцией.

Чем больше ионизирующая способность частицы, тем больше ионизированных атомов она создает и тем ярче вспышка света. Интенсивность сцинтилляций пропорциональна интенсивности ядерного излучения, поэтому, подсчитывая число вспышек, можно определить поток

ионизирующих частиц, прошедших через люминесцирующее вещество.

На рис. 69 изображена принципиальная схема сцинтилляционного счетчика. Счетчик состоит из люминесцирующего кристалла (люминофора), преобразующего энергию радиоактивных излучений в световую, и фотоумножителя, регистрирующего отдельные световые вспышки в виде импульсов тока. Фотоумножитель представляет собой цилиндрическую стеклянную колбу, из которой выкачан воздух. Внутри колбы имеется система

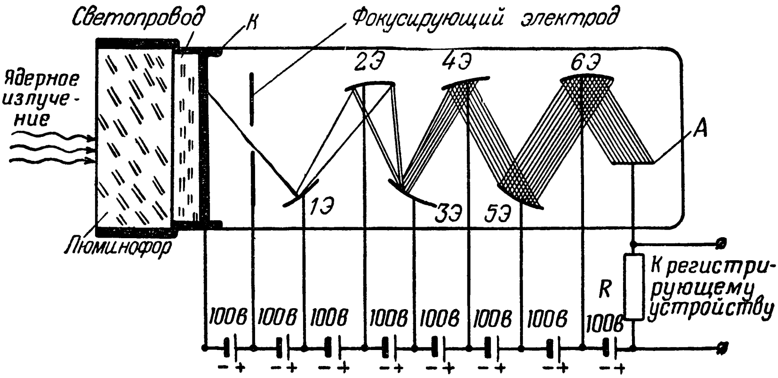


Рис. 69. Схема сцинтилляционного счетчика

электродов. Первым электродом является фотокатод, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы в виде тонкого полупрозрачного слоя вещества, способного легко испускать электроны под действием света. В современных фотоумножителях для сцинтилляционных счетчиков используются главным образом сурьмяно-цезиевые фотокатоды, так как они из всех известных фотокатодов обладают максимальным квантовым выходом. Квантовый выход — число электронов, вырываемых одним квантом света при падении его на фотокатод. За фотокатодом находится фокусирующий электрод, выполненный в виде пластинки с круглым отверстием. Далее находится ряд электродов, получивших название эмиттеров, и, наконец, последним электродом является анод. Катод находится под наиболее низким потенциалом, на каждый последующий электрод (эмиттер) подается напряжение примерно на 100 вольт выше, чем на

предыдущий. Под наиболее высоким потенциалом находится анод; разность потенциалов между анодом и катодом у современных фотоумножителей составляет 800 ÷ ÷ 2000 вольт.

Частица ядерного излучения, проходя через люминофор, создает в нем кратковременную вспышку света. Часть световых фотонов через светопровод попадает на фотокатод и выбивает из него электроны. Общее число возникших электронов при прохождении одной ионизирующей частицы через кристалл не превышает тысячи, а их суммарный заряд составляет ничтожно малую величину ($\sim 10^{-16}$ кулона). Такой заряд не только измерить, но и обнаружить без последующего усиления чрезвычайно трудно. Наличие эмиттеров в фотоумножителе позволяет «размножить» электроны в несколько сотен тысяч раз. Принцип действия фотоумножителя состоит в следующем. Выбитые из фотокатода электроны ускоряются под действием электрического поля и с помощью фокусирующего электрода собираются на первом эмиттере (1 Э). Каждый электрон, попавший на эмиттер, выбивает из него несколько новых электронов. Электроны, вылетевшие из первого эмиттера, разгоняясь электрическим полем, направляются ко второму эмиттеру, где повторяется то же самое. Процесс размножения электронов повторяется на всех последующих эмиттерах. Электронный поток с последнего эмиттера собирается на аноде. Общий коэффициент усиления фотоумножителя равен $K = \sigma^n$, где σ — коэффициент размножения электронов одним эмиттером, n — общее число эмиттеров.

У современных фотоумножителей коэффициент размножения σ, если разность потенциалов между соседними эмиттерами равна 100 вольтам, равен приблизительно четырем. Поэтому фотоумножитель, содержащий 10 эмиттеров, имеет общий коэффициент усиления $K = \sigma^n = 4^{10} \cong 10^6$ раз.

Попадающие на анод электроны стекают с анода через нагрузочное сопротивление R и создают на этом сопротивлении кратковременный импульс напряжения, который может быть сравнительно просто измерен.

Таким образом, прохождение ионизирующей частицы через кристалл сцинтилляционного счетчика отмечается кратковременным импульсом напряжения. Амплитуда импульса напряжения в этих счетчиках в отличие от га-

зовых счетчиков с самостоятельным разрядом пропорциональна ионизирующей способности радиоактивных частиц, поэтому сцинтилляционные счетчики непосредственно могут быть использованы не только для счета частиц, но и для измерения ионизирующего действия радиоактивных излучений. Сцинтилляционный счетчик имеет большую эффективность регистрации всех видов радиоактивных излучений, которая для гамма-лучей доходит до 50% и более. Кроме того, сцинтилляционные счетчики обладают небольшим «мертвым» временем. «Мертвое» время этих счетчиков, обусловленное длительностью световой вспышки в кристалле ($10^{-5} \div 10^{-8}$ сек.) и временем прохождения электронов через фотоумножитель (10^{-9} сек.), намного меньше, чем у газовых счетчиков.

В настоящее время известно большое количество твердых и жидких люминесцирующих веществ, которые могут быть использованы в сцинтилляционных счетчиках. Наиболее пригодными для этих целей оказались неорганические кристаллы типа «натрий — иод», «цезий — иод», органические кристаллы типа «стильбен», «антрацен», органические пластмассы и др. Все они являются прозрачными для собственного света люминесценции, спектральный состав которого лежит в области чувствительности сурьмяно-цезиевых фотокатодов электронных умножителей.

При одних и тех же размерах люминофора неорганические кристаллы позволяют получить большую эффективность регистрации гамма-излучения, чем органические. Это объясняется тем, что неорганические люминофоры имеют бóльшую плотность и, следовательно, при одних и тех же линейных размерах вероятность поглощения в них γ-кванта больше, чем в органических кристаллах. Однако создать неорганические кристаллы больших размеров значительно труднее, чем органические.

Крупным недостатком люминофоров типа «натрий — иод» является их быстрое помутнение под воздействием влаги. Для защиты этого люминофора от влаги его помещают в металлические футляры, которые сильно поглощают бета-излучение и являются непрозрачными для α-частиц и протонов.

Фотоумножители обладают относительно большими собственными шумовыми токами. Поэтому при измере-

нии потоков ядерных частиц, имеющих небольшую интенсивность, число шумовых импульсов может оказаться соизмеримым с числом импульсов, созданных ионизирующими частицами. Однако амплитуда шумового импульса в десятки раз меньше амплитуды рабочего импульса. Это обстоятельство позволяет создать регистрирующие схемы, в которых шумовые импульсы отсекаются (дискриминируются) от основных рабочих импульсов.

К недостаткам сцинтилляционных счетчиков следует отнести:

а) необходимость стабильного источника высокого напряжения для питания фотоумножителя;

б) явления старения фотокатодов и «утомляемости» эмиттеров, которые проявляются в потере чувствительности фотоумножителя при его продолжительной работе; особенно быстро уменьшается чувствительность фотоумножителя при больших интенсивностях светового и, следовательно, радиоактивного излучения;

в) большой разброс параметров у различных фотоумножителей, что затрудняет массовое производство сцинтилляционных счетчиков.

Несмотря на эти недостатки, высокая эффективность и большая разрешающая способность сцинтилляционных счетчиков позволяет утверждать, что эти счетчики при дальнейшем усовершенствовании фотоумножителей и кристаллов найдут широкое применение не только в лабораторной, но и полевой дозиметрической аппаратуре.

Метод нейтронной дозиметрии. Для регистрации нейтронов могут использоваться ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, сцинтилляционные счетчики, фотоэмульсии, а также химические индикаторы.

В настоящее время для измерения потоков медленных нейтронов очень широкое использование находят борные ионизационные камеры и пропорциональные счетчики. В счетчик (камеру) для нейтронов к обычному газу, заполняющему рабочий объем, добавляют газ, содержащий бор (чаще всего трехфтористый бор BF_3), или же наносят на внутреннюю поверхность счетчика тонкий слой бора.

Медленные нейтроны реагируют с изотопом $_5B^{10}$ по реакции:

$$_5B^{10} + {_0n^1} \rightarrow {_3Li^7} + {_2He^4}.$$

Образующиеся ядра $_3Li^7$ и $_2He^4$ имеют суммарную кинетическую энергию около 2,5 Мэв, то есть являются быстрыми, сильно ионизирующими частицами, которые легко регистрируются. Скорость счета таких счетчиков (камер) пропорциональна потоку медленных нейтронов. При достаточно больших размерах счетчика эффективность регистрации может достигать десяти и более процентов. Для регистрации быстрых и промежуточных нейтронов используются счетчики и ионизационные камеры, наполненные газами, содержащими атомы водорода. Регистрация нейтронов в данном случае достигается за счет ионизации, производимой протонами отдачи. Для этих целей обычно используются водород или метан. Эффективность регистрации нейтронов такими счетчиками низка — около десятой доли процента, что обусловлено малым эффективным поперечным сечением рассеяния нейтронов.

Регистрацию быстрых нейтронов можно осуществить также с помощью сцинтилляционного счетчика, если в качестве люминофоров использовать водородсодержащие материалы (стильбен, антрацен, органические пластмассы). С помощью сцинтилляционных счетчиков можно сравнительно просто достичь высокой эффективности регистрации нейтронов.

В некоторых случаях регистрация быстрых и промежуточных нейтронов осуществляется с помощью счетчиков (камер) для медленных нейтронов. В этом случае счетчик окружается замедлителем достаточно больших размеров (вода, парафин), позволяющим замедлить быстрые нейтроны до тепловых энергий. Эффективность регистрации у таких счетчиков значительно больше, чем у счетчиков, основанных на регистрации протонов отдачи.

Кроме указанных методов, для регистрации нейтронов находит широкое применение метод радиоактивных индикаторов. Этот метод основан на измерении потока нейтронов по величине радиоактивности изотопа, возникшей в результате захвата его ядрами нейтронов.

В табл. 19 приведены некоторые радиоактивные индикаторы, используемые для регистрации медленных нейтронов. В этих индикаторах используется радиационный захват медленного нейтрона с образованием радиоактивного ядра.

Таблица 19

Некоторые радиоактивные индикаторы на медленные нейтроны

Исходный изотоп	Тип радиоактивности	Период полураспада	Примечание
Mn^{55}	β, γ	2,6 час.	Используется в виде водного раствора Mn
Au^{198}	β, γ	2,69 дня	Используется в виде фольги
Na^{23}	β, γ	15 час.	Используется в виде химических соединений Na

В табл. 20 приведены радиоактивные индикаторы для регистрации быстрых нейтронов. В этих индикаторах используется реакция захвата быстрого нейтрона с последующим испусканием протона. Все индикаторы этого типа являются пороговыми, то есть они регистрируют быстрые нейтроны начиная лишь с определенной энергии, названной пороговой.

Таблица 20

Некоторые радиоактивные индикаторы на быстрые нейтроны

Исходный изотоп	Энергетический порог, Мэв	Радиоактивный изотоп	Тип радиоактивности	Период полураспада	Примечание
Mg^{24}	2,1	Na^{24}	β, γ	14,8 час.	Металл
P^{31}	1,1	Si^{31}	β	170 мин.	$(NH_4)\ H_2PO_4$
S^{32}	1,0	P^{32}	β	14,3 дня	Серный цвет

Радиоактивные индикаторы удобны тем, что они имеют небольшие габариты, являются нечувствительными к γ-излучению и их применение в отличие от камер и счетчиков при регистрации нейтронов не связано с использованием электросхем. Однако радиоактивные индикаторы не позволяют проводить непрерывные измерения, так как они должны быть сняты и промерены после каж-

дого измерения. Кроме того, следует иметь в виду, что хорошей точности измерения потока нейтронов с помощью этих индикаторов можно достичь лишь в том случае, если известно распределение регистрируемых нейтронов по энергиям. Последнее объясняется тем, что количество радиоактивных ядер, возникших в индикаторе, зависит не только от потока нейтронов, но и величины $\sigma_{захв}$, которое для большинства индикаторов меняется в широких пределах в зависимости от величины энергии нейтронов.

ГЛАВА V

ПРОНИКАЮЩАЯ РАДИАЦИЯ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

Проникающая радиация — это особый поражающий фактор, характерный только для ядерного взрыва. Она представляет собою поток гамма-лучей и нейтронов, испускаемых при взрыве атомных и термоядерных боеприпасов. Каждый из этих компонентов проникающей радиации имеет свои особенности, поэтому целесообразно действие их рассмотреть раздельно.

1. Гамма-излучение

Источники гамма-излучения. Гамма-излучение проникающей радиации возникает как непосредственно в момент взрыва в процессе цепной ядерной реакции, так и после взрыва в результате радиоактивного распада продуктов деления и радиационного захвата нейтронов ядрами атомов различных элементов. Таким образом, гамма-излучение ядерного взрыва по своему происхождению можно разделить на следующие группы:

а) Гамма-излучение, испускаемое ядрами атомов урана или плутония в момент их деления. Это излучение принято называть **мгновенным.**

б) Гамма-излучение осколков деления (**осколочное** γ-излучение).

в) Гамма-излучение, возникающее при захвате нейтронов (**захватное** гамма-излучение).

В момент деления ядра атомов урана или плутония испускают несколько квантов с различной энергией. Согласно измерениям общая энергия гамма-квантов этого мгновенного излучения составляет в среднем 6 Мэв на каждое разделившееся ядро.

Мгновенное гамма-излучение выделяется в процессе цепной ядерной реакции, а также в течение некоторого последующего времени до разлета вещества бомбы. Продолжительность действия мгновенного излучения порядка 10 микросекунд. Вследствие небольшого времени высвечивания роль мгновенного γ-излучения в образовании дозы невелика. Кроме того, значительная часть этого излучения поглощается веществом бомбы.

Основная доля осколочного гамма-излучения испускается после разлета вещества бомбы до уноса продуктов деления вверх раскаленным воздухом. Интенсивность осколочного излучения быстро уменьшается вследствие распада короткоживущих изотопов (осколков с малым периодом полураспада). Если через 1 сек. после взрыва интенсивность этого излучения принять за 100%, то в течение 10 сек. она снизится до 15% за счет уменьшения активности радиоактивных осколков и продуктов их распада. Большое влияние на уменьшение интенсивности осколочного γ-излучения у поверхности земли оказывает также подъем атомного облака. За первые 10 сек. облако поднимается на высоту 500—1500 м в зависимости от мощности взрыва. Это приводит к заметному увеличению расстояния от источника излучения до земли. При прохождении через толщи воздуха гамма-излучение будет значительно ослаблено. В результате быстрого радиоактивного распада осколков деления и подъема атомного облака действие осколочного гамма-излучения на наземные объекты продолжается сравнительно недолго (10—15 сек.).

Доза осколочного гамма-излучения в сотни раз больше дозы, создаваемой на одних и тех же расстояниях мгновенным гамма-излучением.

Радиоактивные продукты деления испускают гамма-кванты с различной энергией. В печати сообщалось, например, о том, что гамма-кванты с энергией около 2,2 Мэв испускаются радиоактивными осколками, которые имеют период полураспада 0,5 сек.; кроме того, было обнаружено гамма-излучение с несколько меньшей энергией; оно связано с осколками, имеющими период полураспада около 2 сек. Средняя энергия квантов осколочного гамма-излучения, испускаемого в первые секунды после взрыва, может быть принята равной 2 Мэв.

Осколки деления за первые 10 сек. после взрыва ис-

пускают гамма-излучение с общей энергией 1,8 Мэв на каждое разделившееся ядро (то есть на каждую пару осколков).

Источником захватного гамма-излучения являются реакции радиационного захвата нейтронов ядрами вещества заряда и конструктивных элементов ядерных боеприпасов, а также химических элементов той среды, в которой нейтроны распространяются после взрыва (воздух, грунт, вода и др.).

Посмотрим, какие же реакции радиационного захвата происходят в воздухе при распространении в нем нейтронов атомного взрыва. Воздух, как известно, состоит в основном из азота и кислорода. Кислород практически не поглощает нейтроны, в том числе и тепловые. Захват тепловых нейтронов ядрами атомов азота происходит более успешно, причем одновременно протекают две ядерные реакции:

$$ {}_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1; $$

$$ {}_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_7N^{15} + \gamma. $$

В первом случае образуется протон и ядро радиоактивного изотопа углерода. Углерод 14 является бета-активным веществом. Медленно распадаясь (период полураспада $T = 5570$ лет), он испускает бета-частицы с энергией до 0,15 Мэв. Эффективное сечение реакции $\sigma = 1{,}7$ барна.

Во втором случае образуется ядро атома нерадиоактивного (стабильного) изотопа азота и захватное гамма-излучение. Для этой реакции $\sigma = 0{,}1$ барна. Вероятность реакции с образованием протона значительно больше, чем вероятность реакции радиационного захвата. Тем не менее доля захватного гамма-излучения в общей дозе проникающей радиации может быть существенной, так как нейтронов при взрыве образуется очень много.

Спектр захватного гамма-излучения, то есть распределение γ-квантов по энергиям, у большинства веществ очень сложен. Характерным для этого спектра является преобладание в нем жесткого гамма-излучения.

В частности, атомными ядрами азота на каждые 100 радиационных захватов испускается примерно 35 квантов с энергией 3—5 Мэв, 90 квантов имеют энергию в диапазоне 5—7 Мэв, и 39 квантов обладают энер-

гией более 7 Мэв. О наличии гамма-излучения с энергией менее 3 Мэв достоверные данные отсутствуют. Однако предполагается, что доля этого излучения невелика. Полная энергия квантов, испускаемых при каждом захвате, составляет 10,8 Мэв.

Большая часть энергии захватного излучения переносится квантами, имеющими в среднем 6 Мэв.

Расчеты показывают, что в случае поглощения всех нейтронов азотом воздуха выделяется гамма-излучение в количестве 1,0—1,3 Мэв на каждое разделившееся ядро атомного заряда.

Время действия захватного гамма-излучения определяется временем существования нейтронов, которое в воздухе составляет доли секунды. Интенсивность захватного излучения зависит от количества азота в воздухе (плотности воздуха), от количества освобождающихся нейтронов (мощности взрыва), от конструктивных особенностей атомной бомбы и других факторов.

В большинстве кванты захватного гамма-излучения обладают более высокой энергией по сравнению с квантами осколочного излучения, поэтому они являются и более проникающими. С увеличением расстояния от центра взрыва происходит своеобразная фильтрация излучения: более мягкое осколочное излучение поглощается раньше и доля его все более уменьшается. На большом расстоянии осколочное излучение поглощается в такой степени, что практически проявляется действие только захватного γ-излучения.

Доза гамма-излучения. Доза гамма-излучения проникающей радиации зависит от калибра бомбы и высоты взрыва и быстро уменьшается с увеличением расстояния за счет двух одновременно действующих факторов: квадрата расстояния и поглощения излучения массами воздуха. Чем больше расстояние, тем больше и площадь поверхности, через которую проходят гамма-лучи. Если расстояние возрастет в два раза, то поверхность увеличится в четыре раза и в четыре раза уменьшится поток гамма-лучей, то есть количество квантов, проходящих через единицу поверхности. Следовательно, доза будет изменяться обратно пропорционально квадрату расстояния. Уменьшение дозы вследствие поглощения и рассеяния гамма-квантов в воздухе происходит по экспоненциальному закону.

На рис. 70 даны значения дозы гамма-излучения на различных расстояниях от центра воздушного взрыва бомб с тротиловыми эквивалентами 2000, 20 000 и 200 000 т.

При воздушном взрыве расстояние обычно измеряется от эпицентра, поэтому для расчета дозы расстояние от

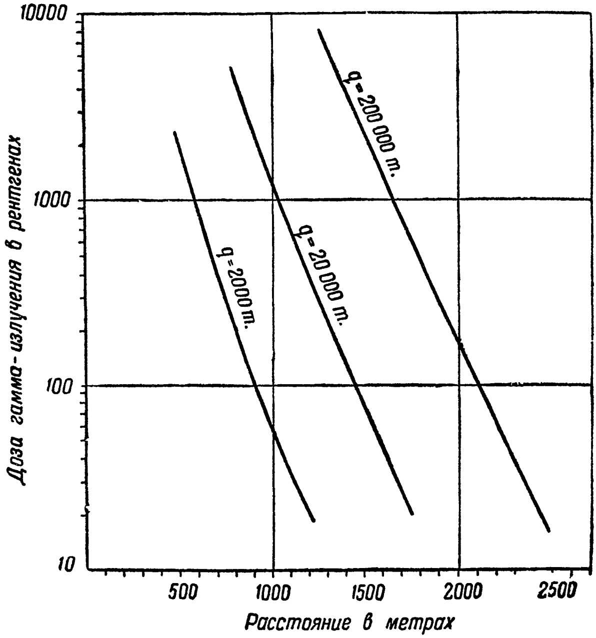


Рис. 70. Зависимость дозы гамма-излучения от расстояния до центра взрыва

центра взрыва должно быть рассчитано с учетом высоты взрыва. Если обозначим расстояние от эпицентра взрыва $R_э$, а высоту взрыва H, то расстояние от центра взрыва до какой-либо точки на поверхности земли определяется выражением:

$$R=\sqrt{H^2+R_э^2}.$$

Нетрудно заметить, что при $R_э=0$, то есть непосредственно в эпицентре, расстояние от центра взрыва будет равно высоте взрыва.

Величина дозы радиации при взрыве одинаковых атомных боеприпасов будет тем больше, чем меньше расстояние от центра взрыва. Но расстояние до данной точки на поверхности земли зависит от высоты взрыва. Эта зависимость особенно заметна на небольших удалениях от места взрыва и наглядно подтверждается следующим численным примером.

Предмет, расположенный от центра наземного взрыва ($H = 0$) на расстоянии 100 м, находится на расстоянии 610 м от центра воздушного взрыва при $H = 600$ м. Если при тех же условиях взрыва предмет удалить от центра наземного взрыва на расстояние 2000 м, то расстояние от центра воздушного взрыва станет равным 2080 м. Таким образом, доза гамма-излучения на малых расстояниях от центра наземного взрыва будет много больше, чем на тех же расстояниях, отсчитанных от эпицентра воздушного взрыва. Однако на значительных расстояниях, где высота взрыва на расстояние практически не влияет, доза гамма-излучения для обоих видов взрыва приблизительно одинакова. По этой причине радиус зоны, где при воздушном взрыве возможны лучевые заболевания средней степени (доза 200—300 рентгенов), сравнительно мало отличается от радиуса зоны таких же лучевых поражений при наземном взрыве.

Необходимо заметить, что вследствие сильного поглощения излучения воздухом даже небольшое увеличение расстояния дает существенное уменьшение дозы гамма-излучения. Так, например, если расстояние возрастает с одного до полутора километров, то есть в 1,5 раза, то доза уменьшится более чем в 15 раз.

Конечно, если изменить калибр бомбы, то изменится и общее количество гамма-квантов, испускаемых при взрыве данной бомбы. Изменение калибра связано с изменением числа разделившихся ядер, то есть с количеством осколков деления — основных источников гамма-излучения.

Можно полагать, что общее количество испускаемых гамма-квантов пропорционально числу разделившихся атомных ядер, следовательно, и количеству выделенной при взрыве энергии. Доза гамма-излучения, создаваемая на различных расстояниях от места взрыва, также приблизительно пропорциональна этой величине. Таким образом, для ориентировочной оценки величины дозы

при взрыве атомных боеприпасов, не сильно различающихся по своему тротиловому эквиваленту, можно воспользоваться следующей несложной формулой:

$$Д_1 \simeq Д_2 \frac{q_1}{q_2},$$

где $Д_1$ — доза от атомной бомбы с тротиловым эквивалентом q_1;

$Д_2$ — доза при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом q_2.

Например, известно, что на расстоянии от центра взрыва, равном 1500 м, при $q_2 = 20$ килотоннам $Д_2 = 80$ рентгенам (см. график на рис. 70). Для атомной бомбы калибром 10 килотонн на этом же расстоянии доза будет равна приблизительно 40 рентгенам.

Однако было замечено, что при увеличении мощности взрыва доза гамма-излучения возрастает не пропорционально тротиловому эквиваленту, а заметно быстрее. Так, например, на расстоянии 1600 м от места взрыва атомного заряда с тротиловым эквивалентом 1000 т доза гамма-излучения равна 2,5 рентгенам; при взрыве заряда калибром 100 тыс. т доза на том же расстоянии увеличилась в 150 раз и оказалась равной 375 рентгенам. Такая зависимость дозы гамма-излучения от расстояния объясняется влиянием ударной волны, движущейся от места взрыва во время распространения γ-лучей.

Теоретически было установлено и опытами подтверждено, что поглощение гамма-лучей на пути от центра взрыва до рассматриваемой точки зависит от перераспределения масс воздуха, которое вызывается проходящей ударной волной.

При прохождении сравнительно сильной ударной волны (давление на фронте которой значительно больше атмосферного давления), как известно, основная масса воздуха, вовлеченного в движение, оказывается сосредоточенной в тонком слое около фронта волны. При этом внутри ударной волны образуется область с малой плотностью воздуха — полость. Область с малой плотностью воздуха существует некоторое время и после прохождения ударной волны, когда будет восстановлено первоначальное давление. Объясняется это тем, что при прохождении ударной волны воздух нагревается. Этот разо-

грев воздуха особенно велик на небольших расстояниях от центра взрыва. Чем выше температура нагретого воздуха, тем меньше его плотность и, следовательно, тем лучше проходят в нем гамма-лучи. Охлаждение воздуха и восстановление его нормальной плотности происходит в течение довольно длительного времени, значительно превышающего время испускания большей части гамма-излучения. Например, спустя 5,35 сек. после прохождения ударной волны (q = 300 тыс. т) радиус полости, где плотность в пять раз меньше, чем в окружающем воздухе, составляет 600 м.

Выше уже указывалось, что интенсивность гамма-излучения в данном пункте земной поверхности убывает в результате распада осколков и подъема атомного облака. Образование полости сильно разреженного воздуха приводит к возрастанию интенсивности гамма-излучения, так как внутри полости γ-лучи проходят практически без поглощения. Возрастание интенсивности является наиболее заметным тогда, когда зона сжатия ударной волны пройдет точку измерения дозы. Эта точка в данном случае окажется внутри полости, и поглощения гамма-лучей не будет. Однако наличие ударной волны уменьшает поглощение гамма-лучей и, следовательно, приводит к увеличению дозы и в той точке, до которой фронт волны еще не дошел.

Для расчета дозы гамма-излучения атомного взрыва предлагается формула следующего вида:

$$\text{Д} = \frac{\text{A}}{R^2} e^{-\frac{R}{\lambda_{\text{эфф}}}},$$

где А — множитель, учитывающий мощность взрыва и влияние ударной волны;

R — расстояние от центра взрыва;

$\lambda_{\text{эфф}}$ — эффективная длина пробега гамма-квантов в воздухе. Величина $\lambda_{\text{эфф}}$ зависит от плотности среды и определяется опытным путем.

Приведенное выше выражение можно прологарифмировать следующим образом:

$$\lg(\text{Д}R^2) = \lg \text{A} - \frac{R}{\lambda_{\text{эфф}}} \cdot 0{,}434.$$

На рис. 71 показана типичная зависимость дозы гамма-излучения от расстояния. По горизонтальной оси на графике отложено расстояние от центра взрыва, а по вертикальной — логарифм произведения дозы на квадрат расстояния.

С помощью такого графика, построенного по данным опытов, можно найти величины A и $\lambda_{эфф}$.

График на рис. 71 наглядно показывает существование трех областей изменения дозы с расстоянием. Точки земной поверхности, отстоящие от центра взрыва на расстоянии $R < R_1$, то есть в области I, находятся внутри полости ударной волны в течение всего времени действия γ-излучения. В этой области доза изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния и поэтому логарифм произведения $ДR^2$ оказывается постоянным. В области II ($R_1 < R < R_2$) преобладает действие осколочного гамма-излучения, а в области III ($R > R_2$) — захватного. Расстояния R_1 и R_2 разграничивают эти области.

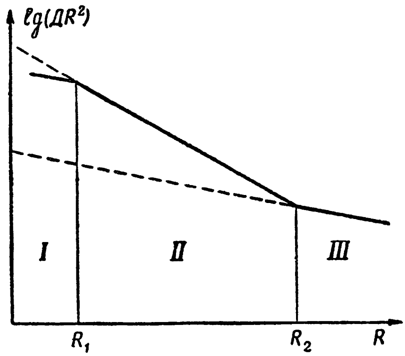


Рис. 71. Общий вид зависимости дозы гамма-излучения от расстояния

Наиболее характерной при оценке поражающего действия гамма-излучения является область II, поскольку на расстояниях R_2 и более доза обычно не превышает 100 рентгенов. Значения R_1 и R_2 в зависимости от мощности взрыва приводятся в табл. 21.

Таблица 21

Значения R_1 и R_2 для ядерных зарядов с различным тротиловым эквивалентом

q, тыс т	2	20	200	2000
R_1, м	250	400	1200	2000
R_2, м	1100	1400	2400	3500

Доза осколочного гамма-излучения (в области II) при воздушном взрыве может быть подсчитана по формуле:

$$Д = 1{,}4 \cdot 10^9 q (1 + 0{,}2q^{0,65}) \frac{e^{-\frac{R\rho}{300}}}{R^2},$$

где q — тротиловый эквивалент атомного заряда в тыс. тонн;

R — расстояние от центра взрыва в м;

ρ — плотность воздуха в кг/м³.

Эту формулу можно привести к виду ранее приведенной, если принять, что

$$A = 1{,}4 \cdot 10^9 q (1 + 0{,}2q^{0,65}) \text{ и } \lambda_{эфф} = \frac{300}{\rho}.$$

В воздухе нормальной плотности (температура 20° C и давление 760 мм рт. ст.) $\lambda_{эфф} = 250$ м.

Множитель в виде суммы, заключенной в скобки, обозначим $К_д$ ($К_д = 1 + 0{,}2q^{0,65}$). Этот множитель учитывает влияние ударной волны на распространение гамма-лучей в воздухе и часто называется фактором полости. Если $К_д = 1$, то доза пропорциональна мощности взрыва. Однако $К_д \simeq 1$ только для малых тротиловых эквивалентов.

При наземном взрыве на одних и тех же расстояниях, отсчитываемых от центра взрыва, доза гамма-излучения получается больше, чем при воздушном взрыве той же мощности. Это обусловлено тем, что в области II (рис. 71) ударная волна наземного взрыва является более сильной и поэтому влияние ее полости на величину дозы будет также более сильным. Приближенный расчет дозы при наземном атомном взрыве может быть произведен по формуле

$$Д = 2{,}8 \cdot 10^9 q (1 + 0{,}3q^{0,65}) \frac{e^{-\frac{R\rho}{300}}}{R^2}.$$

Захватное гамма-излучение действует всего лишь 0,2—0,3 сек., поэтому ударная волна практически не влияет на его распространение.

Вышеприведенные формулы для расчета дозы гамма-

излучения относятся к бомбам, основанным на делении тяжелых ядер. При термоядерных взрывах будет иным соотношение между энергией взрыва (тротиловым эквивалентом) и количеством испускаемых квантов и нейтронов, поскольку часть энергии будет выделена в результате реакции синтеза.

Как уже указывалось, доза гамма-излучения составляется из дозы осколочного излучения, накапливаемой в течение нескольких секунд и дозы захватного излучения, действие которого заканчивается практически через 0,3 сек. после взрыва.

Время накопления дозы зависит от расстояния и энергии взрыва. Чем больше расстояние, тем быстрее накапливается доза, так как с увеличением расстояния возрастает роль захватного излучения.

С увеличением тротилового эквивалента взрыва возрастает время действия полости, создаваемой ударной волной, и в связи с этим возрастает время, в течение которого накапливается доза гамма-излучения, иначе говоря, наблюдается более медленное накопление дозы. Приведем пример для подтверждения сказанного. При взрыве заряда $q = 200$ тыс. т на расстоянии 1500 м за первую секунду накапливается 30% полной дозы, тогда как при $q = 2000$ т на том же расстоянии и в течение того же времени может быть получено до 80% дозы. На рис. 72 дан график, показывающий скорость накопления дозы гамма-излучения при взрыве атомной бомбы среднего калибра. Приведенные на графике данные, как указывается в иностранной литературе, соответствуют расстоянию, на котором должна создаваться доза, равная 400 рентгенам.

Зависимость дозы гамма-излучения от мощности взрыва показана на рис. 73. Пользуясь графиками, приведенными на этом рисунке, можно определить расстояние от центра взрыва, где может быть получена заданная доза гамма-излучения, если известна мощность взрыва, выраженная в тысячах тонн тротилового эквивалента. Каждому графику соответствует определенное значение дозы, а именно: 30, 100, 300 и 1000 рентгенов. С помощью указанных графиков можно показать, что при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 000 т доза, равная 30 рентгенам, получается на

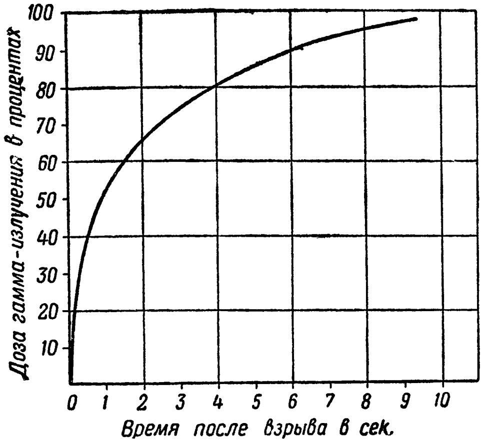


Рис. 72. Накопление дозы гамма-излучения при взрыве атомной бомбы среднего калибра

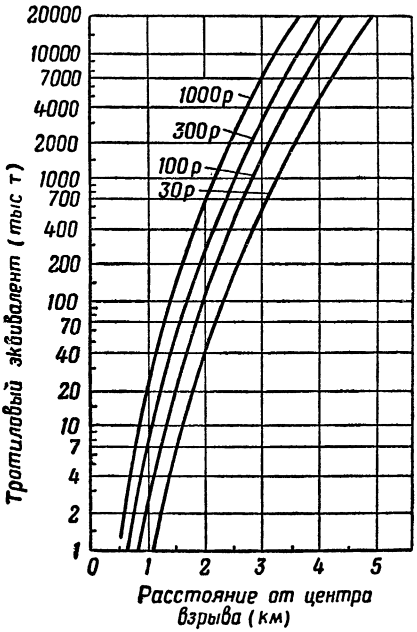


Рис. 73. Зависимость дозы гамма-излучения от тротилового эквивалента и расстояния до центра ядерного взрыва

расстоянии 1750 м, а при взрывах бомб калибром 5000 и 100 тыс. т — на расстояниях 1400 и 2300 м.

В настоящее время в иностранной печати имеются сообщения о том, что атомными зарядами могут снаряжаться зенитные и авиационные реактивные снаряды, предназначенные для поражения воздушных целей.

При взрыве на большой высоте испускаемые гамма-лучи и нейтроны распространяются в разреженной атмосфере и, следовательно, меньше ослабляются на своем пути от места взрыва.

Посмотрим, как изменится дальность поражающего действия проникающей радиации при высотном взрыве по сравнению с действием ее при взрыве у земли. При этом для удобства и большей наглядности будем считать, что если атомный взрыв произошел на некоторой высоте H, то и поражаемый объект находится на этой же высоте. Плотность воздуха с высотой непрерывно уменьшается. Так, например, на высоте 10 км она уменьшается в 3 раза, а на высоте 20 км — уже в 14 раз, поэтому и изменение ослабления проникающей радиации с увеличением высоты будет весьма существенным.

Эффективная длина поглощения энергии гамма-излучения с уменьшением плотности воздуха будет увеличиваться[1].

$$\lambda_H = \lambda_0 \frac{\rho_0}{\rho_H},$$

где λ_0 — эффективная длина поглощения энергии излучения в воздухе с плотностью ρ_0 (обычно у земли);

λ_H — эффективная длина пробега гамма-квантов в воздухе с плотностью ρ_H (на высоте H).

Ниже, в табл. 22, приводятся значения эффективной длины $\lambda_{эфф}$, рассчитанной для различных высот взрыва. При этом предполагается, что у земли имеются такие атмосферные условия, при которых $\lambda_{эфф} = 250$ м.

Таким образом, с увеличением высоты взрыва от 0 до 20 км толщина слоя воздуха, ослабляющего гамма-излучение в 2,7 раза, возрастает почти в 14 раз.

[1] Для удобства написания в приводимых ниже формулах индекс «эфф» не используется.

Таблица 22

Эффективная длина пробега гамма-квантов

Высота взрыва (км)	0	5	10	15	20
$\lambda_{эфф}$ (м)	250	420	740	1600	3400

Воспользовавшись последней формулой, можно определить, как изменится дальность поражающего действия гамма-излучения при взрыве на некоторой высоте. Расчеты показывают, что та доза, которая может быть получена при наземном взрыве на расстоянии 1 км, при взрыве на высоте 10 км будет создана на расстоянии приблизительно 2 км, а при взрыве на высоте 20 км — на расстоянии 4 км.

2. Нейтронная радиация

Нейтроны, образующиеся при атомном взрыве, подразделяются на мгновенные и запаздывающие. **Мгновенные нейтроны** деления имеют различную энергию, начиная от тепловой (0,025 эв) и примерно до 14 Мэв, причем среднее значение энергии получается около 2 Мэв.

Высвобождение мгновенных нейтронов происходит в процессе деления ядер и, следовательно, продолжается всего лишь миллионные доли секунды. Проходя через вещество бомбы, особенно через ее оболочку, нейтроны взаимодействуют с атомными ядрами, претерпевая замедление и захват.

Можно считать, что веществом оболочки бомбы нейтроны практически не поглощаются; оболочка разлетается, не успев их захватить. Следовательно, почти все свободные нейтроны, то есть нейтроны, не участвующие в цепной реакции деления, выходят в окружающее пространство. Однако большая часть этих нейтронов сильно замедляется веществом бомбы. Нейтроны, замедленные до тепловой энергии, распределяются вблизи центра взрыва, образуя своеобразное нейтронное «облако».

Сравнительно небольшая часть свободных нейтронов проходит оболочку бомбы почти без замедления. Эти нейтроны подобно гамма-лучам распространяются по всем направлениям от места взрыва.

Запаздывающие нейтроны испускаются некоторыми осколками деления в течение нескольких секунд и более после взрыва и, следовательно, не замедляются веществом бомбы. При делении атомных ядер урана 235 тепловыми нейтронами запаздывающих нейтронов возникает 0,73% от общего числа полученных нейтронов; при делении ядер плутония 239 запаздывающих нейтронов образуется несколько меньше — 0,36%. Энергия этих нейтронов составляет примерно 0,4—0,6 Мэв. При помощи быстрого химического анализа продуктов деления было показано, что источником запаздывающих нейтронов являются изотоп брома с периодом полураспада 55,6 сек., изотоп иода с периодом полураспада 22 сек. и некоторые другие более короткоживущие осколки деления. Несмотря на то, что доля запаздывающих нейтронов мала, их влияние на дозу нейтронной радиации может быть довольно значительным. Это обусловлено тем, что они не ослабляются веществом бомбы. Действие нейтронной радиации продолжается десятые доли секунды.

Для количественной оценки нейтронного излучения ядерного взрыва используется такая характеристика, как поток нейтронов. Поток нейтронов есть полное количество нейтронов, прошедших за все время излучения через 1 $см^2$ поверхности. Зная нейтронный поток, можно вычислить и дозу нейтронов.

Для расчета дозы быстрых нейтронов в зависимости от расстояния используются формулы, аналогичные по своей структуре формулам для расчета дозы гамма-излучения.

Доля нейтронов в общей дозе проникающей радиации несколько увеличивается с уменьшением калибра атомного оружия. Кроме того, выход нейтронов при атомном взрыве и их доза в отличие от дозы гамма-излучения зависят от конструкции бомбы и расщепляющегося материала. Это наглядно подтверждается графиками, приведенными на рис. 74. Бомба, взорванная над Хиросимой, имела в качестве ядерного взрывчатого вещества уран 235. Атомный заряд в бомбе, сброшенной

на Нагасаки, был изготовлен из плутония. Эти бомбы существенно различались и по своей конструкции. Измерения показали, что в Хиросиме медленных нейтронов было примерно в десять раз больше, чем в Нагасаки; нейтронов с энергией более 2,5 Мэв было приблизительно в три раза больше.

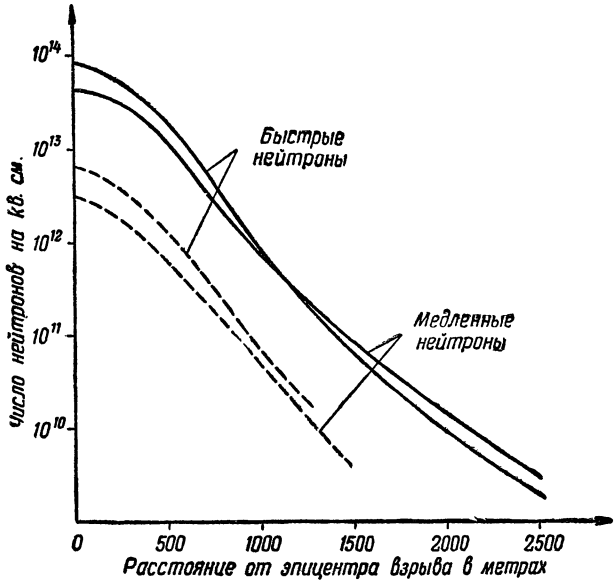


Рис. 74. Изменение потока нейтронов с расстоянием (сплошные кривые — взрыв над Хиросимой, пунктирные — над Нагасаки)

Поражающее действие вызывается главным образом нейтронами с энергией 0,2—0,3 Мэв; действие более медленных нейтронов проявляется в основном в образовании искусственных радиоактивных веществ.

Общая доза проникающей радиации определяется суммой дозы гамма-излучения, выраженной в рентгенах, и дозы нейтронов, определенной в биологических эквивалентах рентгена. Доза, создаваемая нейтронами на одних и тех же расстояниях от центра атомного взрыва, меньше дозы гамма-излучения, составляющей больше половины от суммарной дозы проникающей радиации.

Поэтому расчет защитного слоя для проникающей радиации во многих случаях можно производить только по гамма-излучению.

3. Проникающая радиация при термоядерном взрыве

В качестве термоядерного взрывчатого вещества, как уже указывалось, используются изотопы водорода в виде соединения с литием, в частности дейтерид лития. Нейтроны атомного заряда, используемого для взрыва термоядерной бомбы, образуют тритий, когда они взаимодействуют с ядрами изотопа лития:

$$_3Li^6 + {}_0n^1 \rightarrow {}_1T^3 + {}_2He^4.$$

В результате ряда сложных ядерных реакций между дейтерием, тритием и литием происходит выделение большого количества энергии, часть которой уносят образующиеся нейтроны. При термоядерном взрыве могут протекать также и другие реакции.

Продуктами этих реакций в основном являются альфа-частицы и нейтроны; на каждую пару соединяющихся ядер дейтерия и трития приходится одна альфа-частица и один нейтрон. При взрыве 1 кг смеси, состоящей из дейтерия и трития, выделяется $1{,}2 \cdot 10^{26}$ нейтронов. Взрыв 1 кг урана дает нейтронов значительно меньше. Известно, что при делении каждого ядра урана освобождается в среднем 2,5 нейтрона. Если принять, что на поддержание цепной реакции расходуется один нейтрон, а остальные в реакции не участвуют, то количество последних будет равно $3{,}8 \cdot 10^{24}$, то есть в 30 раз меньше, чем в первом случае.

Проникающая радиация термоядерного взрыва определяется потоком как нейтронов, так и гамма-лучей, которые возникают в результате взаимодействия нейтронов с элементами, содержащимися в материалах бомбы и в воздухе.

Дальность поражающего действия проникающей радиации меньше расстояний, на которых возможны поражения ударной волной и световым излучением. Подтвердим это с помощью ориентировочного расчета.

Допустим (совершенно произвольно), что в реакции соединения трития с дейтерием участвуют ядра атомов,

содержащихся в 12 кг смеси трития с дейтерием. В таком случае в результате реакции выделится примерно $1,4 \cdot 10^{27}$ нейтронов. Допустим далее, что все нейтроны полностью и без потери энергии проходят через корпус бомбы, если ядерная реакция развивалась внутри бомбы, и разлетаются в окружающем пространстве. Подсчеты показывают, что на расстоянии 5 км от места взрыва указанного заряда поток нейтронов составит $1,7 \cdot 10^9 \frac{\text{нейтрон}}{\text{см}^2}$. Если принять, что эти нейтроны будут иметь энергию не менее 3 Мэв, то дозе в 1 бэр соответствует поток нейтронов, равный $1,4 \cdot 10^7 \frac{\text{нейтрон}}{\text{см}^2}$. Таким образом, доза нейтронов получается равной 120 бэр. Установлено, что при облучении всего тела дозой 100—200 бэр могут иметь место легкие поражения, неопасные для жизни человека. Таким образом, дальность поражения проникающей радиацией людей, находящихся вне укрытий, будет около 5 км. В действительности это расстояние будет значительно меньше, так как нейтронный поток будет ослаблен корпусом и другими конструктивными элементами бомбы, будет наблюдаться также более сильное ослабление потока нейтронов в воздухе. В так называемой водородно-урановой бомбе большая часть энергии взрыва выделяется в результате реакции деления атомных ядер в урановой оболочке. При этом точно так же, как и в атомной бомбе, образуются осколки деления, мгновенное гамма-излучение и нейтроны. Поэтому при определении дозы проникающей радиации водородно-урановую бомбу можно рассматривать как атомную и пользоваться теми приемами, которые были изложены выше.

4. Расчет толщины защитных преград

Ослабление дозы гамма-излучения. Расчет ослабления доз гамма-излучения различными защитными преградами можно выполнить по формулам, приведенным в главе IV. Однако точный расчет ослабления гамма-излучения по этим формулам представляет большие трудности. Это обусловлено тем, что гамма-кванты, испускаемые осколками деления, имеют самые различные энергии. Проходя в воздухе некоторое расстояние до

данной точки на поверхности земли, они взаимодействуют с атомами воздуха. Поэтому энергетический спектр гамма-излучения, приходящего к поверхности преграды, становится еще более сложным и теоретическое определение коэффициентов ослабления и накопления, зависящих от энергии квантов, оказывается весьма затруднительным.

Расчет степени ослабления дозы гамма-излучения какой-либо преградой достаточно точно может быть произведен на основе опытных данных, полученных при испытаниях ядерного оружия. В процессе таких экспериментов величина слоя половинного ослабления d определяется для широкого пучка гамма-лучей, и поэтому нет необходимости вводить поправку на рассеянное излучение. В таком случае формула для расчета ослабления дозы гамма-излучения получит следующий вид:

$$Д = Д_0 2^{-h/d},$$

откуда степень ослабления равна

$$K = \frac{Д_0}{Д} = 2^{h/d},$$

где $Д_0$ — величина дозы перед защитной преградой, толщина которой равна h;

$Д$ — величина дозы за преградой.

Известно, что для грунта $d = 14$ см, для свинца — 1,8 см, для бетона — 10 см, стали — 2,8 см и т. д.

На рис. 75 указана толщина различных материалов, обеспечивающая уменьшение доз гамма-излучения в два, четыре, восемь и шестнадцать раз.

Приближенно можно считать, что у веществ, имеющих примерно одинаковый средний атомный номер, коэффициент ослабления прямо пропорционален плотности веществ и зависит от энергии гамма-квантов. Для гамма-квантов данной энергии коэффициент ослабления зависит только от плотности вещества. В этом случае для одинакового ослабления гамма-излучения потребуются равные весовые количества различных материалов.

В табл. 23 указана плотность некоторых материалов, используемых для защиты от проникающих излучений.

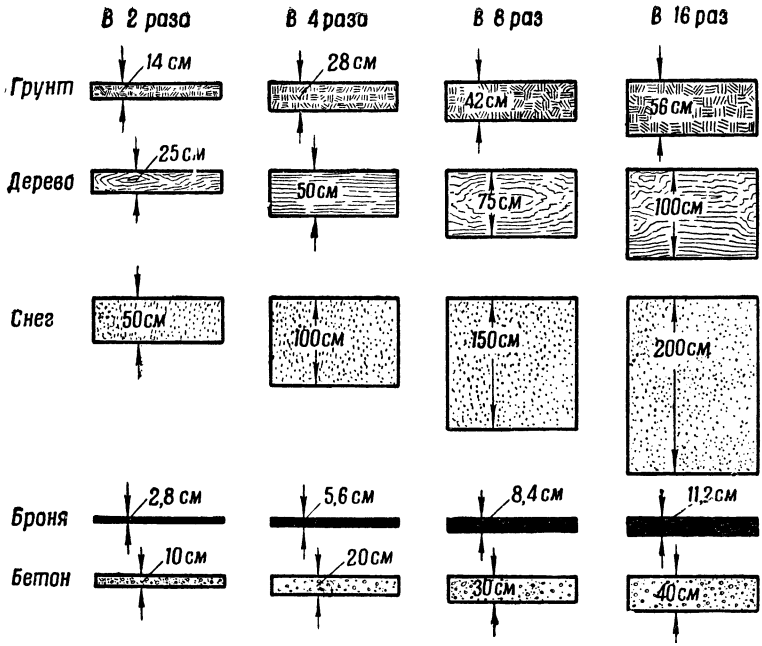


Рис. 75. Ослабление гамма-излучения проникающей радиации различными материалами

Таблица 23

Плотность некоторых материалов, применяемых в защитных конструкциях

Материал	Плотность, г/см^3
Свинец	11,3
Вода	1,0
Сталь	7,6—7,9
Алюминий	2,7
Дерево:	
береза сухая	0,5—0,8
береза сырая	0,8—1,1
Бетон	1,8—2,5
Кирпич обыкновенный	1,4—1,6
Земля	1,3—2,0

В зависимости от влажности и состава плотность дерева и земли может изменяться в полтора — два раза, следовательно, также может изменяться и их способность к ослаблению гамма-излучения.

Найдем слой половинного ослабления, скажем, для дерева, зная, что для грунта он равен 14 см. Средняя плотность дерева 0,9 г/см^3, грунта — 1,6 г/см^3. Во сколько раз плотность дерева меньше плотности грунта, во столько же раз будет больше его слой половинного ослабления.

Поэтому решение имеет очень простой вид:

$$d = \frac{1,6 \cdot 14}{0,9} = 25 \text{ см.}$$

Таким же образом можно найти слой половинного ослабления для любых материалов.

Теперь поставим перед собой другую задачу. Как определить толщину слоя из заданного материала, необходимого для уменьшения дозы гамма-излучения в несколько раз?

Пусть, например, требуется определить толщину грунтового перекрытия траншеи, необходимого для уменьшения дозы в 50 раз.

Для решения воспользуемся уже известной нам формулой

$$K = 2^{h/d}.$$

В данном примере $K = 50$, $d = 14$ см, h требуется определить.

Задача решается с применением операций логарифмирования:

$$\lg K = \frac{h}{d} \lg 2,$$

откуда

$$h = d \frac{\lg K}{\lg 2}.$$

$$\lg 50 = 1,7;$$

$$\lg 2 = 0,3;$$

$$h = 14 \frac{1,7}{0,3} = 80 \text{ см.}$$

Может быть также поставлена несколько иная задача. Требуется проверить готовое сооружение на ослабление проникающей радиации.

Допустим, что мы имеем подвальное помещение с толщиной перекрытия 0,8 м бетона. Во сколько раз этот слой бетона уменьшает дозу радиации?

В этой задаче $h = 80$ см, $d = 10$ см, требуется найти K.

Решение. Находим количество слоев половинного ослабления в слое толщиной 0,8 м.

$$\frac{h}{d} = \frac{80}{10} = 8.$$

Далее определяем степень ослабления

$$K = 2^8 = 256.$$

Таким образом, слой бетона толщиной 80 см уменьшает дозу гамма-излучения в 256 раз.

При выполнении указанных расчетов мы всюду принимали одни и те же значения слоя половинного ослабления, найденные для наиболее неблагоприятных условий. Иначе говоря, мы считали, что гамма-лучи, приходящие на поверхность земли на различных расстояниях от места взрыва, имеют приблизительно одну и ту же энергию. В действительности это не так. С увеличением расстояния от места взрыва изменяется и энергетический спектр гамма-излучения. Спектр γ-излучения изменяется также и при прохождении его через защитную преграду. Если энергия гамма-квантов станет меньше, то и ослабление их преградой будет происходить успешнее; для ослабления дозы в два раза потребуется слой меньшей толщины.

Так, для бетона слой половинного ослабления в некоторых случаях может быть равен 7—8 см. Поэтому бетонная стена толщиной 50 см может обеспечить уменьшение дозы гамма-излучения в 32 раза, если $d = 10$ см, и в 75 раз, если $d = 8$ см.

Таким образом, в ряде случаев рассчитанная степень ослабления дозы будет меньше той, что получается в действительности, иначе говоря, толщина защитной преграды будет рассчитана с запасом в сторону более надежного ослабления.

Если защитная преграда состоит из нескольких слоев различных материалов, например грунта и бетона, грунта и дерева и т. д., то следует подсчитать степень ослабления для каждого слоя в отдельности и результаты перемножить.

Ослабление нейтронного потока. Ослабление нейтронного потока при прохождении через какую-либо среду зависит от энергии нейтронов и от химического состава этой среды. Быстрые нейтроны, как известно, почти всеми веществами поглощаются очень плохо, поэтому надо сначала уменьшить скорость их движения, а затем уже принять меры, обеспечивающие их полное поглощение.

Хорошим замедлителем нейтронов является вода. Замедленные нейтроны успешно захватываются ядрами водорода. Однако при этом испускаются гамма-лучи большой энергии, для ослабления которых слой воды должен быть достаточно большим. Если к воде добавить небольшое количество бора, например в виде борной кислоты, то медленные нейтроны будут поглощаться в основном бором.

Для защиты от нейтронов и гамма-излучения при работе с ядерными реакторами широко используется бетон. В состав бетона входит водород и другие сравнительно легкие элементы (кислород, алюминий, кремний, кальций). При прохождении нейтронов через бетон происходит их замедление и поглощение. Гамма-излучение также хорошо ослабляется веществами, входящими в состав бетона.

Для ориентировочного расчета ослабления дозы нейтронов можно использовать формулу уже известного нам вида.

$$Д_н = Д_{н0} 2^{-h/d_н},$$

где $Д_{н0}$ — доза нейтронов перед преградой, толщина которой h;

$Д_н$ — доза нейтронов за преградой;

$d_н$ — слой половинного ослабления нейтронов.

Величина $d_н$ зависит сложным образом от энергии нейтронов и обычно определяется экспериментально.

Для нейтронов со средней энергией 2 Мэв длина пробега в воде равна около 4 см, а слой половинного ослабления составляет приблизительно 3 см. Интересно заметить, что в отношении ослабления нейтронной радиации

железо ведет себя примерно так же, как вода, — для него слой половинного ослабления немного более 4 см.

Исследования, проведенные с нейтронными потоками ядерных реакторов, показывают, что для ослабления потока нейтронов в два раза необходимо иметь 8—10 см обыкновенного бетона.

Вследствие большой проникающей способности гамма-лучей и нейтронов обычная одежда и индивидуальные средства противохимической защиты не могут предохранить человека от их воздействия.

Защита от проникающей радиации. Для защиты от проникающей радиации необходимо использовать естественные укрытия: складки местности и местные предметы, а также искусственные сооружения — различные фортификационные укрытия, в том числе и такие простейшие, как окопы и щели.

Закрытые сооружения, защищающие от воздействия ударной волны, как правило, защищают и от проникающей радиации. Гамма-лучи и нейтроны, проходя через слой грунта и перекрытие сооружения, будут ослабляться тем сильнее, чем больше толщина и плотность защитного слоя. В перекрытых щелях, траншеях и ровиках проникающая радиация снижается в 25—30 раз. Блиндажи и убежища, представляющие собой более надежные укрытия для личного состава, имеют грунтовую толщу над покрытием не менее одного метра. В блиндажах доза проникающей радиации при атомном взрыве приблизительно в 200—300 раз меньше, чем на поверхности земли, а в убежищах легкого типа — более чем в 2000 раз.

Открытые траншеи, щели и ровики уменьшают дозу проникающей радиации при воздушном атомном взрыве в 10—20 раз. Если на поверхности земли доза гамма-излучения составляет, например, 500 рентгенов, то в верхней половине траншеи она будет примерно 200 рентгенов, а на дне траншеи уменьшается до 50 рентгенов. В данном случае как гамма-лучи, так и нейтроны сильно поглощаются крутостями траншеи. Однако некоторое количество гамма-квантов и нейтронов вследствие рассеяния в воздухе попадает в траншею сверху, где нет защитной преграды.

На рис. 76 показано, что доза проникающей радиации в траншее определяется в основном излучением, рассеянным в атмосфере.

Рассеянное излучение проникает и в так называемые полуоткрытые сооружения, имеющие различного рода амбразуры. Пучок гамма-лучей или нейтронов, попадая в укрытие через отверстия, дополнительно рассеивается на внутренней поверхности стенки. Это рассеянное (отраженное) излучение в некоторых случаях может вызвать поражение в местах, не лежащих на пути входного пучка квантов и нейтронов.

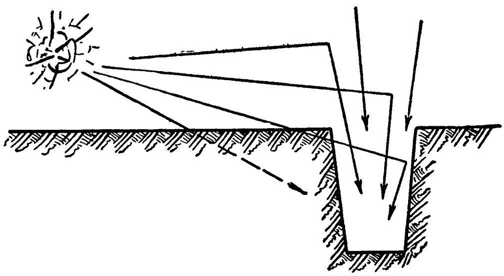


Рис. 76. Схема действия проникающей радиации на объект, расположенный в траншее

Величина дозы в полуоткрытом сооружении будет зависеть не только от мощности взрыва и расстояния до него, но также от расположения амбразуры относительно центра взрыва и от ее размеров.

Хорошую защиту от проникающей радиации обеспечивают танки. Броня среднего танка ослабляет дозу радиации в 10—15 раз. Но следует иметь в виду, что броня защищает от нейтронов значительно хуже, чем от гамма-лучей. Кроме того, в элементах, входящих в состав брони, возможно образование радиоактивных изотопов.

5. Поражающее действие проникающей радиации

Лучевая болезнь. Нарушения, происходящие в организме при воздействии ядерных излучений, могут привести к особой форме заболевания — лучевой болезни. Сущность нарушения физиологических процессов, протекающих при этом в организме, пока еще не совсем ясна. Установлено, что лучевая болезнь протекает тем тяжелее, чем больше полученная доза радиации. Иссле-

дования на животных и практика работы с рентгеновскими лучами показывают, что весьма большое значение имеет вопрос о том, как будет получена доза: в течение длительного времени или кратковременно, будет ли она воспринята всем организмом или каким-либо одним органом. Оказывается, что при одноразовом общем облучении в течение непродолжительного времени человек без всяких последствий переносит дозу в 50 рентгенов. Ткани организма способны к самовосстановлению, если они повреждены не очень сильно. Поэтому в определенных пределах доз облучение небольшими порциями в течение длительного времени будет более безвредным, чем кратковременное облучение такой же суммарной дозой. Так, при облучении морских свинок ежедневно (в течение восьми часов) по 4,4 рентгена требуется 2900 рентгенов, чтобы вызвать такую же смертность, какая наблюдалась при однократном воздействии дозой 300 рентгенов.

При общем облучении человека дозами от 50 до 100 рентгенов наблюдаются первые признаки лучевой болезни без потери трудоспособности. Более высокие дозы радиации могут вызвать лучевую болезнь. У разных людей одна и та же доза может вызвать развитие лучевой болезни различной тяжести в зависимости от сопротивляемости организма и общего состояния здоровья.

Общей закономерностью для лучевой болезни является обратная зависимость сроков ее развития от дозы облучения: чем больше доза, тем короче периоды развития болезни.

Как же протекает лучевое заболевание?

Непосредственно после воздействия больших доз радиации обычно развивается так называемая фаза первичной реакции, которая продолжается от нескольких часов до нескольких суток и выражается в явлениях общей слабости, желудочно-кишечных расстройствах, потере аппетита. Происходят также изменения в составе крови. Затем наступает так называемый скрытый период, или период мнимого выздоровления. Общее состояние больного улучшается, внешних признаков заболевания не наблюдается. Однако и в этой фазе лучевой болезни происходит уменьшение числа лейкоцитов и тромбоцитов в крови. Период скрытого действия (инкубационный период) продолжается от нескольких дней до двух —

трех недель. Чем больше доза радиации, тем короче этот период. Далее следует третья фаза развития лучевой болезни. У больного пропадает аппетит, усиливаются желудочно-кишечные расстройства, наблюдаются выпадение волос, кровотечения и кровоизлияния (в коже,

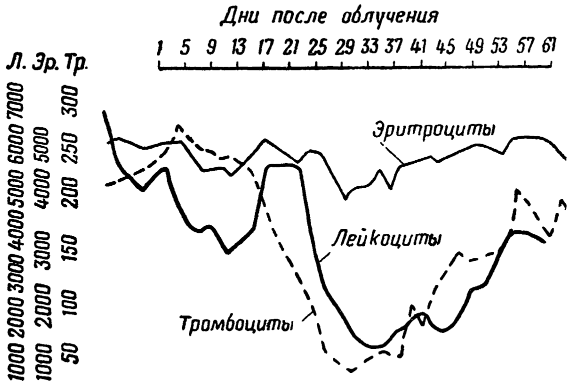


Рис. 77. Изменение количества лейкоцитов, эритроцитов и тромбоцитов у человека, подвергшегося воздействию гамма-лучей в дозе 300 рентгенов

Слева приведены три шкалы: числа на шкале *Л* показывают содержание лейкоцитов в 1 куб мм., на шкале *Эр* количество тысяч эритроцитов в 1 куб. мм. и на шкале *Тр* — количество тысяч тромбоцитов в 1 куб. мм. крови

в полости рта и др.), резко уменьшается число лейкоцитов. Уменьшение числа лейкоцитов снижает способность организма противостоять различным заболеваниям.

По этой причине основным осложнением лучевой болезни бывают инфекционные заболевания, в частности ангины. При сравнительно слабых лучевых воздействиях существенно не столько собственно лучевое поражение, сколько общее снижение сопротивляемости организма, которое подчас проявляется в случайных простудных, кишечных и тому подобных заболеваниях.

Наглядное представление об изменении в крови содержания лейкоцитов, эритроцитов и тромбоцитов после облучения дают кривые на рис. 77.

Как уже указывалось, в результате уменьшения количества лейкоцитов (белых кровяных телец) снижается

сопротивляемость организма к инфекции. Из-за недостатка эритроцитов (красных кровяных телец) страдает снабжение тканей кислородом, а вследствие снижения количества тромбоцитов (кровяных пластинок) ухудшается процесс свертывания крови и, следовательно, увеличивается опасность кровотечения.

По прошествии третьего периода наступает четвертый — период выздоровления. Происходит постепенное сглаживание признаков лучевой болезни в последовательности, зависящей от индивидуальных особенностей организма.

Различают три степени лучевой болезни: легкую, среднюю и тяжелую.

Лучевая болезнь легкой степени возникает при общей дозе облучения в 100—200 рентгенов и протекает без типично выраженных симптомов. Скрытый период заболевания может длиться от двух до трех недель. Затем появляется общая слабость, тошнота, головокружение, в крови уменьшается содержание белых кровяных шариков. Лучевая болезнь легкой степени оканчивается выздоровлением.

Доза радиации 200—300 рентгенов может вызвать **лучевую болезнь средней степени.** В этом случае заболевание характеризуется теми же признаками, что и лучевая болезнь легкой степени, но выраженными в более яркой форме. Выздоровление при эффективном лечении наступает через полтора — два месяца.

Лучевая болезнь тяжелой степени развивается при дозе облучения свыше 300 рентгенов. Протекает она более интенсивно, скрытый период заболевания сокращается. При своевременном лечении болезнь переходит в фазу выздоровления, которое наступает через несколько месяцев.

При облучении в дозе 400—450 рентгенов могут быть смертельные исходы в 50% случаев заболевания. Такую дозу часто называют летальной. Соответственно этому радиус зоны, где может быть летальное облучение проникающей радиацией, называют летальным радиусом.

Принято считать, что общее облучение в дозе 550—600 рентгенов смертельно во всех случаях.

Особенностью действия ядерных излучений на человека является относительная медленность развития изменений в организме. При очень больших дозах ра-

диации возможна так называемая смерть под лучом, наступающая в момент самого облучения. У животных смерть под лучом наблюдается лишь при облучении дозой порядка 100 тыс. рентгенов и выше, через 30—50 мин. после начала облучения при мощности дозы 30 тыс. рентген/час.

При взрывах атомных бомб в 1945 г. над японскими городами Хиросима и Нагасаки количество смертельных случаев поражения людей проникающей радиацией составило 5—15% от общего числа пострадавших. Такое поражающее действие радиации на незащищенных людей отмечалось на расстояниях до 800 м от эпицентра взрыва. На расстоянии до 1200 м число случаев, опасных для жизни, доходило до 50%, а на расстоянии более 2000 м опасных случаев поражения проникающей радиацией не наблюдалось.

В результате практически одновременного воздействия проникающей радиации, ударной волны и светового излучения в большинстве случаев поражение получалось комбинированным, выделить влияние того или иного фактора на ход заболевания часто было невозможно.

О поражающем действии гамма-излучения и нейтронов можно получить представление также по тем несчастным случаям, которые произошли в результате несоблюдения правил техники безопасности. В частности, в последнее время в иностранной печати сообщалось о двух таких случаях, происшедших в Институте ядерной физики в Югославии (октябрь 1958 г.) и в Лос-Аламосской научной лаборатории в США (декабрь 1958 г.).

В югославском Институте ядерной физики проводились экспериментальные работы на реакторе. В результате внезапно начавшейся неконтролируемой цепной реакции сотрудники, находившиеся близ реактора, подверглись сильному кратковременному облучению нейтронами и гамма-лучами. Измерения и соответствующие расчеты показали, что полученная пострадавшими средняя доза облучения всего организма составляла примерно 680 бэр[1]. Из этой дозы 43% приходилось на долю

[1] Поскольку пострадавшие находились на разных расстояниях от центра реактора, то одни из них получили дозу более указанной, а другие — менее. Приведенное значение дозы облучения является средним.

гамма-лучей, и остальная часть дозы была создана нейтронами.

В Лос-Аламосской научной лаборатории несчастный случай произошел в цехе, где производились очистка и обогащение отходов, оставшихся после извлечения плутония. В баке, куда сливали отходы, неожиданно образовалась надкритическая масса и началась реакция деления. Иностранная печать сообщала, что один из сотрудников получил дозу 12 тыс. бэр и скончался через 36 часов, у двух человек, получивших дозу 134 и 53 бэр, наблюдались признаки лучевой болезни.

В отечественной литературе описаны два случая острой лучевой болезни, когда пострадавшие получили дозы в 300 и 450 рентгенов. Острое лучевое заболевание развилось в результате кратковременного общего внешнего облучения гамма-лучами и нейтронами при нарушении правил эксплуатации экспериментального реактора.

О ходе болезни врачи, лечившие пострадавших, подробно рассказали на первой Международной конференции по мирному использованию атомной энергии[1].

В настоящее время разрабатываются эффективные способы лечения лучевой болезни. Обязательным условием лечения при тяжелом заболевании должна быть госпитализация больного. В госпитале имеется больше возможностей для осуществления всего комплекса лечебных мероприятий.

Распространенным лечебно-профилактическим мероприятием является применение антибиотиков (пенициллина, стрептомицина, ауреомицина и др.). Введение антибиотиков как бы компенсирует снижение сопротивляемости организма к инфекции и является широко рекомендуемым средством борьбы с последствиями лучевой болезни. Для восстановления нормального состава крови рекомендуется применять витамин B_{12}, а для борьбы с кровоточивостью и для восстановления обмена веществ — витамин P и C и препараты кальция. Особое значение для заболевшего имеет диета. Пища должна быть высококалорийной, легко усвояемой, богатой бел-

[1] А. К. Гуськова и Г. Д. Байсоголов. «Два случая острой лучевой болезни у человека». (Доклады советской делегации на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, 1955 г.) Издательство Академии наук СССР, Москва, 1955.

ком и витаминами. Рекомендуется обильное питье и применение моче- и потогонных средств, ускоряющих выведение из организма радиоактивных веществ. В необходимых случаях может быть применено переливание крови, вливание растворов глюкозы с витаминами В и С. Таков далеко не полный (но непрерывно пополняющийся) перечень некоторых средств и способов, применяемых для лечения лучевой болезни.

Радиусы зон поражения. Установлено, что при ядерных взрывах средней и большой мощности ударная волна и световое излучение оказывают вредное воздействие на более значительных расстояниях от места взрыва по сравнению с действием проникающей радиации. Однако когда мощность взрыва относительно невелика, например 1000 т или менее, проникающая радиация обладает наибольшим радиусом поражающего действия.

Действие проникающей радиации на материалы и оборудование. Большие дозы проникающей радиации (в тысячи и десятки тысяч рентгенов) вызывают потемнение стекол оптических приборов (прицелов, биноклей, дальномеров, панорам и др.). Следовательно, оптические приборы необходимо предохранять не только от механических повреждений ударной волной, но и от воздействия проникающей радиации. Действие проникающей радиации на фотопленку обнаруживается на значительных расстояниях, так как для засвечивания некоторых сортов пленки достаточна доза радиации в два — три рентгена.

О воздействии ядерных излучений на фотопленку было рассказано выше (см. фотографический метод измерения доз гамма-излучения); здесь мы вкратце поясним, почему происходит потемнение оптики под действием проникающей радиации.

Еще Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри на основании своих исследований отмечали, что в присутствии радиоактивных веществ окрашиваются в фиолетовый или коричневый цвет все виды стекла, фарфора и фаянса. В дальнейшем было установлено, что изменение окраски связано с изменением внутреннего строения и химического состава вещества.

Изменение оптических свойств стекла, являющегося аморфным (некристаллическим) веществом, происходит

в основном в результате окислительно-восстановительных процессов, которые имеют место при обмене электронами между различными ионами. Происходящая под действием излучения ионизация атомов элемента приводит к изменению его валентности, поэтому в веществе могут возникнуть новые молекулы. Например, в молекуле окиси железа Fe_2O_3 атом железа трехвалентный (Fe^{+++}); в результате ионизации он может стать двухвалентным (Fe^{++}) и образовать с кислородом молекулу закиси железа FeO. Наряду с этим может происходить и обратная реакция — окисление ионов Fe^{++} в ионы Fe^{+++}. Такого рода реакции могут происходить и в других окислах, например в окиси кремния SiO_2.

При облучении нейтронами во многих веществах образуются радиоактивные атомы, иногда появляются атомы новых химических элементов. Это также приводит к изменению не только оптических, но и других физических свойств стекла.

Заметное потемнение оптики происходит в том случае, когда нарушений в структуре и в составе вещества достаточно много, а для этого необходимо, как уже указывалось, воздействие очень больших доз проникающей радиации.

На боевую технику, различные приборы и оборудование проникающая радиация вредного действия практически не оказывает. Повреждения материалов и оборудования становятся заметными лишь при воздействии очень больших потоков нейтронов или гамма-лучей (порядка 10^{15}—10^{20} нейтронов или квантов на 1 $см^2$).

Такое воздействие радиации возможно на столь малых расстояниях от центра взрыва, где все объекты полностью уничтожаются ударной волной и световым излучением.

ГЛАВА VI

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАРАЖЕНИЕ ПРИ ЯДЕРНОМ ВЗРЫВЕ

1. Источники излучений на радиоактивнозараженной местности

Местность в районе ядерного взрыва и по пути движения облака, образовавшегося при взрыве, а также расположенные вне укрытий на этой местности техника, вооружение, люди и животные могут подвергаться заражению радиоактивными веществами.

Радиоактивные вещества, заражающие местность при атомном взрыве, состоят из продуктов деления ядерного взрывчатого вещества (ядер урана или плутония), искусственных радиоактивных веществ, образующихся под воздействием нейтронов (наведенная радиоактивность), а также из неразделившейся, то есть не вступившей в реакцию деления, части атомного заряда. Рассмотрим подробнее эти три источника радиоактивного заражения при атомном взрыве.

Продукты деления ядерного взрывчатого вещества. Продукты деления (осколки) представляют собою смесь большого количества изотопов 34 элементов, начиная от цинка и кончая редким элементом гадолинием (см. в периодической таблице Менделеева эти элементы). Анализ продуктов деления показывает, что в результате деления больше всего получается изотопов элементов, массовые числа которых лежат в диапазоне 85—104 и 130—149. Деление на равные части, о котором говорилось выше, маловероятно. Такое деление происходит примерно в 600 раз реже, чем на неравные части, мас-

совые числа которых относятся, как 2 : 3. В большом количестве образуются изотопы инертных газов криптона и ксенона, металлов: стронция, молибдена, бария, изотопы иода, сурьмы, редкоземельных металлов лантана и церия и некоторых других элементов.

Вполне вероятны, например, такие схемы деления:

$$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow \underset{\text{иттрий}}{_{39}Y^{95}} + \underset{\text{иод}}{_{53}I^{139}} + 2_0n^1$$

или

$$_{94}Pu^{239} + {}_0n^1 \rightarrow \underset{\text{барий}}{_{56}Ba^{143}} + \underset{\text{стронций}}{_{38}Sr^{94}} + 3_0n^1.$$

Образующиеся при делении радиоактивные изотопы иттрия и иода не сразу превращаются в устойчивые ядра. Они претерпевают цепочку последовательных бета-распадов, причем в ряде случаев выбрасывание бета-частиц сопровождается испусканием гамма-лучей (рис. 78). Количество распадов, сопровождаемых испусканием гамма-квантов, примерно в два—три раза меньше по сравнению с общим количеством бета-распадов.

Поскольку одновременно распадаются не только осколки, получившиеся в результате взрыва, но и продукты их распада, то в течение непродолжительного времени появляется около 200 различных радиоактивных изотопов, а также большое количество стабильных изотопов.

Периоды полураспада получающихся радиоактивных веществ чрезвычайно разнообразны и колеблются от долей секунды до нескольких лет.

Для подтверждения этого приведем цепочки распада одной пары осколков, например бария и стронция.

$$_{56}Ba^{143} \xrightarrow[<1\ \text{мин.}]{\uparrow\beta} La \xrightarrow[15\ \text{мин.}]{\uparrow\beta} Ce \xrightarrow[1{,}5\ \text{дня}]{\uparrow\beta,\gamma} Pr \xrightarrow[13{,}5\ \text{дня}]{\uparrow\beta} Nd$$

$$_{38}Sr^{94} \xrightarrow[2\ \text{мин.}]{\uparrow\beta} Y \xrightarrow[6{,}5\ \text{мин.}]{\uparrow\beta,\gamma} Zr.$$

Можно заметить, что в течение часа в первой цепочке будет почти полностью завершен распад бария и лантана. Радиоактивный барий в результате распада

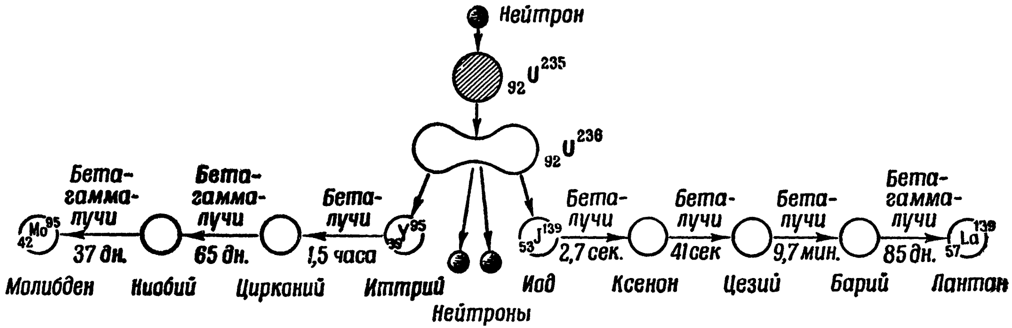


Рис. 78. Схема распада «осколков» деления

превращается в лантан. Но и лантан является радиоактивным; распадаясь, он превращается в церий, период полураспада которого равен полутора дням. Во второй цепочке и стронций и иттрий распадаются очень быстро. Через час распад заканчивается появлением стабильного изотопа циркония.

Общая активность продуктов деления через час после взрыва определяется активностью радиоактивных изотопов следующих элементов: криптона, рубидия, стронция, иттрия, молибдена, теллура, иода, ксенона, цезия, бария, церия, празеодима, неодима, прометия, самария, европия.

Как уже указывалось, при атомном взрыве получается смесь большого количества радиоактивных изотопов. Уменьшение активности в этом случае нельзя определять по закону радиоактивного распада какого-то одного изотопа. Падение активности продуктов атомного взрыва подсчитывается по формуле, полученной опытным путем:

$$A = A_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-1,2} \text{ или } A = \frac{A_0}{\left(\frac{t}{t_0}\right)^{1,2}},$$

где A — активность, которую надо определить спустя некоторое время t, прошедшее после взрыва;

A_0 — активность, которая была измерена в какое-то другое время t_0.

Для решения некоторых задач, не требующих большой точности, можно пользоваться вышеприведенной формулой в широком диапазоне времени — от нескольких минут до двух — трех лет.

Установлено, что через одну минуту после взрыва атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т, гамма-активность образовавшихся продуктов деления составляет $8{,}2 \cdot 10^{11}$ кюри. Заметим, что под гамма-активностью подразумевается число распадов в секунду, которые сопровождаются гамма-излучением.

Покажем на примере, как пользоваться вышеприведенной формулой. Найдем, какова будет гамма-активность продуктов деления спустя сутки после взрыва бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т.

В данном случае $t = 1$ сутки $= 1440$ мин., $t_0 = 1$ мин. и $A_0 = 8{,}2 \cdot 10^{11}$ кюри.

$$A = 8{,}2 \cdot 10^{11} \left(\frac{1440}{1}\right)^{-1{,}2} = \frac{8{,}2 \cdot 10^{11}}{1440^{1{,}2}} = 1{,}3 \cdot 10^{8} \text{ кюри.}$$

Таким же путем можно найти активность в любой другой момент времени. В таблице приведены результаты вычисления активности относительно начального значения, принятого за 100%.

Таблица 24

Относительное уменьшение активности продуктов деления (в процентах)

Активность через 1 мин.	10 мин.	1 час	8 час.	1 сутки	1 неделю
100	6,3	0,74	0,06	0,016	0,0016

На основании данных, приведенных в этой таблице, можно сделать очень важный практический вывод о том, что радиоактивное заражение носит сравнительно нестойкий характер, степень заражения непрерывно уменьшается.

Наведенная радиоактивность. В результате реакций с нейтронами образуется много радиоактивных атомных ядер, причем при реакциях радиационного захвата образуются изотопы исходного химического элемента, а в реакциях другого типа могут быть получены новые химические элементы. Одна из таких реакций приводится ниже:

$$_{16}S^{32} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{15}P^{32} + {}_1H^1.$$

Продукты реакции могут быть и нерадиоактивными. Проиллюстрируем это на примере. Допустим, что воздействию медленных нейтронов подвергается кусок химически чистого железа.

Химический элемент железо состоит из четырех изотопов: Fe^{54}, Fe^{56}, Fe^{57}, Fe^{58}. В приводимой ниже таблице показано, что происходит с этими изотопами при захвате медленных нейтронов.

Таблица 25

Изотоп	Распространенность в природе, %	$\sigma_{захв}$ барн	Продукт захвата	Радиоактивность	Период полураспада	Характер радиоактивных излучений
Fe^{54}	5,9	0,7	Fe^{55}	Есть	2,9 г.	Бета-и гамма-
Fe^{56}	91,6	2,5	Fe^{57}	Нет	—	—
Fe^{57}	2,2	2,4	Fe^{58}	Нет	—	—
Fe^{58}	0,3	0,7	Fe^{59}	Есть	47 дней	Бета-и гамма-

Из таблицы видно, что 93,8% железа при захвате медленных нейтронов дают изотопы, найденные в природе в устойчивом нерадиоактивном состоянии.

Рассмотрим метод расчета наведенной активности.

Если мы имеем тонкую пластинку, на поверхность которой падает поток нейтронов П одинаковой энергии, то число радиоактивных ядер $N_{акт}$, образующихся в пластинке площадью 1 $см^2$, можно найти из соотношения

$$N_{акт} = П \cdot \sigma_{захв}\, n,$$

где n — число атомных ядер в материале пластинки, через которую проходит поток нейтронов.

При этом предполагаем, что все ядра, захватившие нейтроны, становятся радиоактивными. Выражение справедливо только для тонкой пластинки, то есть для пластинки такой толщины, в которой потери энергии нейтронов малы. В противном случае будет изменяться энергия нейтронов, а вместе с нею и эффективное сечение.

Число ядер n можно подсчитать так. Определим вес G пластинки, если площадь ее равна 1 $см^2$, толщина равна d см, а плотность вещества ρ г/$см^3$:

$$G = d \cdot \rho.$$

Зная атомный вес А и число атомов в грамм-атоме, найдем:

$$n = 6{,}02 \cdot 10^{23} \frac{G}{A} = 6{,}02 \cdot 10^{23} \frac{d \cdot \rho}{A}.$$

Тогда

$$N_{акт} = 6{,}02 \cdot 10^{23} \frac{d \cdot \rho}{A} П \cdot \sigma_{захв}.$$

Чтобы найти активность, то есть число атомов, распадающихся в одну секунду, нужно знать постоянную распада λ.

$$a = \lambda \cdot N_{акт}, \text{ но } \lambda = \frac{0{,}693}{T}.$$

Следовательно,

$$a = 6{,}02 \cdot 10^{23} \frac{d \cdot \rho}{A} \Pi \cdot \sigma_{захв} \frac{0{,}693}{T}.$$

Так мы найдем число распадов в секунду. Если требуется выразить активность в кюри, то число распадов надо разделить на $3{,}7 \cdot 10^{10}$.

Окончательно получаем соотношение для определения активности, наведенной в пластинке площадью 1 см^2:

$$a = 1{,}12 \cdot 10^{13} \frac{d \cdot \rho}{A} \frac{\Pi \cdot \sigma_{захв}}{T},$$

где T — в секундах.

Решим небольшую задачу.

Поток медленных нейтронов $\Pi = 10^{10}$ нейтр./см^2 падает на алюминиевую пластинку $d = 0{,}1$ см и площадью $S = 1$ см^2. Требуется определить наведенную активность, если известно, что в результате реакции образуется изотоп с массовым числом $A = 28$ и периодом полураспада $T = 2{,}3$ мин.

Для алюминия

$$\sigma_{захв} = 0{,}21 \cdot 10^{-24} \text{ см}^2; \ \rho = 2{,}7 \text{ г/см}^3.$$

Тогда

$$a = 1{,}12 \cdot 10^{13} \frac{0{,}1 \cdot 2{,}7 \cdot 10^{10} \cdot 0{,}21 \cdot 10^{-24}}{2{,}3 \cdot 60} =$$

$$= 0{,}0000016 \text{ кюри, или } 1{,}6 \text{ микрокюри.}$$

По полученной формуле мы можем найти активность того или иного изотопа сразу после нейтронной бомбардировки, иначе говоря, сразу после атомного взрыва. В дальнейшем с течением времени активность будет непрерывно уменьшаться. Чтобы учесть процесс радиоактивного распада, нужно в формулу ввести множитель

$$e^{-\lambda t} = 2^{-t/T} = \frac{1}{2^{t/T}}.$$

Тогда будем иметь

$$a = 1{,}12 \cdot 10^{13} \frac{d\rho}{A} \frac{\Pi\sigma_{захв}}{T} \frac{1}{2^{t/T}},$$

где t — время, прошедшее с момента нейтронного облучения.

Все вышеперечисленные рассуждения и приведенные формулы справедливы для веществ, состоящих из одного изотопа. Таких веществ сравнительно немного. Сюда относятся натрий, алюминий, фосфор, марганец, кобальт, иод, цезий и некоторые другие менее распространенные элементы.

Большинство химических элементов состоит из нескольких изотопов. Однако и это еще не все. В чистом виде с химическими элементами мы встречаемся очень редко. Почти все окружающие нас тела являются сложными, то есть состоят из нескольких химических элементов. При определении активности, наводимой нейтронами в каком-либо химическом элементе, состоящем из нескольких изотопов, следует иметь в виду, что все изотопы обладают различной способностью к захвату нейтронов и дают в результате захвата радиоактивные ядра с различным периодом полураспада. Следовательно, нужно производить расчет активности каждого изотопа в отдельности, учитывая его содержание в данном элементе.

Если вещество является химически сложным, то при расчете активности надо учитывать содержание химического элемента в данном веществе. Так, например, в легированной стали приходится учитывать даже сравнительно небольшие добавки таких элементов, как марганец, никель, хром, молибден, поскольку эти элементы хорошо активируются.

Нейтроны, испускаемые при атомном взрыве, взаимодействуют с ядрами атомов химических элементов, входящих в состав воздуха, почвы, воды и различных наземных сооружений. В результате захвата нейтронов атомными ядрами образуются радиоактивные изотопы, которые, распадаясь, испускают бета- и гамма-лучи.

В воздухе, как уже указывалось, нейтроны поглощает практически только азот, при этом образуются два вещества — азот 15 и углерод 14. Азот 15 встречается в при-

роде в небольшом количестве. Этот изотоп азота радиоактивностью не обладает. Углерод 14 — медленно распадающийся радиоактивный изотоп; соединяясь с кислородом воздуха, он дает углекислый газ CO_2, который усваивается растениями точно так же, как и углекислый газ с нерадиоактивным углеродом.

В химическом составе почвы первое место занимает кремнезем SiO_2, за ним в убывающем порядке следуют Al_2O_3, Fe_2O_3, K_2O, Na_2O, MgO, CaO, а также различные органические вещества в ее верхнем слое.

Наведенная радиоактивность образуется не только в поверхностном слое, но и на некоторой глубине. Однако учесть это простейшими способами расчета трудно, так как по мере проникания на глубину поток нейтронов и их энергия будут непрерывно изменяться.

Посмотрим теперь, какие вещества содержатся в морской и речной воде. Совершенно чистой воды в природе, как известно, нет. Являясь хорошим растворителем, вода растворяет те вещества, с которыми соприкасается, и переносит их вместе с собой. В литре океанской воды содержится в среднем от 33 до 39 г растворенных твердых веществ, в том числе 24 г поваренной соли. В речной воде соли также есть, но в очень малом количестве.

Содержащиеся в морской воде соли распределяются примерно следующим образом: 78,4% поваренной соли; 9,4% хлористого магния ($MgCl_2$); 6,4% сернокислого магния ($MgSO_4$); 3,9% сернокислого кальция ($CaSO_4$); 1,7% хлористого кальция ($CaCl_2$) и около 0,2% различных других солей. Таким образом, в морской воде содержатся в основном натрий, хлор, магний, кальций, сера.

Наведенная радиоактивность в воде определяется содержанием главным образом солей натрия и калия.

В продуктах питания наведенная радиоактивность невысока. Исключением являются продукты, содержащие большое количество поваренной соли. Тара, в которой хранятся продукты питания, также может стать радиоактивной, причем наибольшую радиоактивность может приобрести стекло. Однако влияние наведенной радиоактивности на степень заражения тары, как правило, меньше, чем влияние радиоактивных веществ, выпадающих из атомного облака.

Большая часть искусственных радиоактивных изотопов имеет сравнительно небольшой период полураспада,

поэтому увеличение радиоактивной зараженности за счет этого может наблюдаться в первые часы (иногда сутки) после взрыва.

Наиболее существенный вклад в гамма-излучение активированной земли в первые минуты после взрыва дает алюминий (Т = 2,3 мин.), далее, в течение нескольких первых часов, — марганец (Т = 2,6 час.) и натрий (Т = 15 час.) и уже после 200 час. — железо (Т = = 47 дней).

Непрореагировавшая часть атомного заряда. Известно, что при атомном взрыве в цепной реакции деления участвует не все вещество заряда, а лишь некоторая часть. Непрореагировавшее вещество заряда испаряется, рассеивается в атомном облаке и вместе с продуктами деления выпадает на местность.

Ядерные взрывчатые вещества — уран и плутоний — являются альфа-активными элементами, поэтому частицы их после осаждения на поверхность земли становятся источниками альфа-излучения. Однако активность как у урана, так и у плутония очень мала по сравнению с активностью продуктов деления, поскольку и уран и плутоний обладают большим периодом полураспада. Так, если вес невзорвавшейся части заряда равен 10 кг, то активность ее будет равна 600 кюри для плутония и 0,02 кюри для урана 235.

Величина этой активности ничтожна по сравнению с активностью осколков деления. Поэтому заражение местности ураном или плутонием практического значения не имеет.

Излучения радиоактивных продуктов атомного взрыва. Радиоактивные вещества, выпавшие на местность из атомного облака, а также образовавшиеся на местности под действием нейтронов, испускают альфа-, бета-частицы и гамма-лучи. Рассмотрим особенности излучений, испускаемых радиоактивными продуктами атомного взрыва.

Альфа-излучение. Альфа-частицы испускаются при радиоактивном распаде непрореагировавшей части атомного заряда.

Наибольшую опасность α-излучение представляет в том случае, когда альфа-активные вещества попадут внутрь организма.

Бета-излучение. Бета-частицы испускаются осколками

деления и искусственными радиоактивными элементами, образовавшимися под действием нейтронов. При одной и той же энергии ионизирующая способность бета-частиц значительно меньше, чем у альфа-частиц, а пробег в веществах соответственно больше. Например, бета-частицы с энергией 2 Мэв имеют максимальный пробег в воздухе около 10 м, в воде примерно 1 см, а в свинце менее 1 мм. С энергией более 2 Мэв бета-частиц испускается очень мало.

Люди, находящиеся в зданиях, полностью защищены от действия бета-излучения, испускаемого радиоактивными веществами, которые выпали за пределами помещения. Одежда также поглощает большую часть бета-излучения. Следовательно, внешнее облучение бета-частицами серьезной опасности не представляет, если исключить попадание радиоактивных веществ на открытые кожные покровы, особенно на слизистые оболочки глаз, носа и рта. Большую опасность бета-частицы представляют в том случае, когда испускающие их радиоактивные вещества попадут внутрь организма.

Гамма-излучение. На радиоактивно зараженной местности гамма-излучение испускается при распаде некоторых осколков деления и искусственных радиоактивных веществ. В данном случае средняя энергия гамма-излучения, равная примерно 0,7 Мэв, меньше, чем энергия гамма-излучения проникающей радиации. Поскольку ослабление гамма-излучения с уменьшением энергии увеличивается, то естественно, что толщина слоя для защиты от гамма-излучения на радиоактивно зараженном участке требуется меньшая, чем для защиты от проникающей радиации.

Расчеты показывают, что для ослабления вдвое гамма-излучения, имеющего энергию 0,7 Мэв, необходим слой свинца толщиной 0,8 см, бетона — 7,5 см. В средней части первого этажа двухэтажного дома в застроенном районе уровень радиации примерно в 40 раз меньше, чем на открытой местности. Щели с земляным перекрытием толщиной в 30 см. уменьшают уровень радиации приблизительно в 100 раз.

Используя эти данные, можно оценить степень ослабления гамма-излучения различными укрытиями и сооружениями, расположенными на радиоактивно зараженной местности.

2. Радиоактивное заражение при различных видах атомного взрыва

Выпадение радиоактивных веществ из атомного облака. В тихую безветренную погоду грибовидное облако имеет вид, показанный на рис. 10. При наличии ветра облако будет сноситься, столб пыли (ножка гриба) — искривляться. Когда подъем облака прекратится, облако будет продолжать перемещаться в направлении и со скоростью ветра, дующего на данной высоте.

Следует заметить, что с увеличением высоты направление ветра не остается постоянным, ветер отклоняется то вправо, то влево, а иногда даже меняет направление на обратное. Изменяется также и скорость ветра. Например, в одном из районов средняя за год скорость ветра у земли составляла 5 м/сек., а на высоте 4 км — уже около 13 м/сек.

Так как во время взрыва радиоактивные продукты деления находятся в очень мелко распыленном состоянии, они увлекаются в верхние слои тропосферы и даже в стратосферу и передвигаются воздушными течениями на большие расстояния от места взрыва.

Радиоактивные частицы в облаке сталкиваются с частицами земли — пылинками, которые обычно по размерам больше, и слипаются с ними. Так образуется радиоактивная пыль, которая постепенно оседает по пути движения облака.

На поверхности земли появляется «след» облака, то есть полоса местности, зараженной радиоактивными веществами.

Скорость оседания частиц пыли зависит от их плотности и размеров. Если принять плотность частиц примерно одинаковой, то скорость падения будет определяться их размерами. Чем крупнее частицы, тем быстрее они оседают на поверхность земли (см. табл. 26).

Заметим, что частицы, диаметр которых составляет 0,005—0,010 мм, считают средней пылью, частицы крупной пыли имеют диаметр 0,010—0,050 мм, частицы размером 0,05—0,25 мм относят к мелкому песку и, наконец, средний песок составляют частицы, диаметр которых равен 0,25—1,0 мм.

Таблица 26

Время оседания частиц пыли с высоты 12 км

Диаметр частиц, мм	Время оседания
0,84	22 мин.
0,25	42 мин.
0,15	2 час.
0,075	7,9 час.
0,033	1,7 дня
0,016	7 дней
0,008	28 дней

Посмотрим, какая же часть радиоактивных продуктов деления оседает вместе с пылью. Оказывается, что с наиболее крупными пылинками, которых в грибовидном облаке сравнительно немного, оседает (в течение 22 мин.) всего лишь около 4%, в течение следующих 20 мин. выпадает около 13%, а в промежуток времени от 42 мин. до 2 час. — 14,5% радиоактивных веществ.

Таким образом, в первые два часа выпадет около одной трети радиоактивных веществ, образовавшихся в результате взрыва. Остальная часть остается в воздухе в течение более длительного времени.

Частицы мелкой пыли диаметром 1 микрон (0,001 мм) и плотностью вещества 3 г/см^3 оседают со скоростью 0,6 см/мин. При столь медленном оседании эта пыль может быть перенесена ветром практически в любое место земного шара и даже облететь вокруг него. Поэтому наличие радиоактивных продуктов взрыва, хотя и в очень малых количествах, может быть установлено на больших расстояниях от места взрыва.

Для взятия радиоактивных проб у поверхности земли используются фильтрующие установки с достаточно большой пропускной способностью, а для сбора радиоактивных осадков нашли широкое применение различные планшеты с листами липкой бумаги. Кроме того, для забора проб воздуха вместе с содержащейся в нем пылью применяются фильтры, установленные на самолетах. Измерение активности фильтра и анализ отобранных проб производятся в радиометрических лабораториях.

Систематические наблюдения за воздухом и осадками дают возможность обнаружить ядерный взрыв по появлению повышенной радиоактивности. Так, после взрывов на Бикини в 1954 г. в некоторых пунктах Японии резко возросла радиоактивность дождевой воды.

Если специально оборудованные контрольные посты будут располагаться один от другого на расстоянии порядка 2—3 тыс. км, то взрыв мощностью 1000 т, произведенный в тропосфере, надежно обнаруживается в период 5—20 дней, при этом время взрыва будет тоже определено, но с некоторой ошибкой. В отдельных случаях ориентировочно можно установить и место взрыва, если известны метеорологические данные, необходимые для определения траектории движения радиоактивного облака и частичек пыли [1].

Степень радиоактивного заражения. Степень зараженности, а также размеры зон заражения зависят от вида взрыва, калибра атомного заряда, а также от метеорологических условий, характера местности и грунта. На степень заражения отдельных участков местности и поверхностей различных объектов значительное влияние оказывают направление и скорость ветра.

Со временем степень радиоактивного заражения местности и размеры зоны заражения непрерывно уменьшаются вследствие распада радиоактивных веществ, а также вследствие сдувания их с поверхности почвы ветром, смывания дождем и проникания радиоактивных веществ в почву.

Степень радиоактивного заражения местности удобнее характеризовать **уровнем радиации,** который измеряется числом рентгенов в час[2].

Зная уровень радиации, можно ограничить дозу внешнего облучения, которая определяется в основном действием гамма-излучения. Однако в тех случаях, когда возможно попадание радиоактивных веществ в организм, этого совершенно недостаточно. Чтобы исключить воз-

[1] К переговорам о прекращении испытаний ядерного оружия (Документы). Вкладка в № 36 журнала «Новое время» от 5 сентября 1958 г.

[2] В случае радиоактивного заражения чаще используется термин не «мощность дозы», а «уровень радиации», хотя по смыслу это одно и то же.

можность поражения внутренним облучением, нужно знать концентрацию радиоактивных веществ в воде, воздухе, продуктах питания, а также на поверхности тех предметов, с которыми часто приходится соприкасаться (обмундирование, вооружение, техника и др.).

Поэтому существует вторая характеристика степени радиоактивного заражения — плотность заражения, измеряемая числом распадающихся атомов в одну минуту в единице объема, веса или на единице поверхности (сокращенная запись: число распадов/мин, литр или: число распадов/мин. см^2). При этом учитываются все бета-распады, в том числе и те, которые не сопровождаются гамма-излучением.

Таким образом, наличие двух характеристик степени заражения вызвано соответственно двумя возможными путями воздействия на человека радиоактивных излучений: вследствие облучения или попадания радиоактивных веществ на кожные покровы (внешнее облучение), и при проникании внутрь организма (внутреннее облучение).

Между плотностью заражения и уровнем радиации существует определенная связь.

Представим себе совершенно гладкую плоскую поверхность, равномерно зараженную радиоактивными веществами.

Уровень радиации над этой поверхностью пропорционален плотности заражения и зависит от высоты измерения и размеров зараженного участка. Как влияют размеры зараженного участка на уровень радиации при постоянной плотности заражения, показано на рис. 79. Сначала с увеличением радиуса площадки уровень радиации резко возрастает, а потом увеличивается более медленно. Например, в центре площадки, радиус которой равен 10 м, уровень радиации на высоте 1 м составляет примерно 50% максимально возможного значения, которое бывает в случае площади бесконечно большого радиуса.

С увеличением высоты точки измерения уровня радиации (например, при воздушной радиационной разведке) повышается роль удаленных участков. Если, например, высота $H = 50$ м, то радиус участка, на котором уровень радиации составляет 50% максимального значения, увеличивается до 100 м.

Следует иметь в виду, что для естественной поверхности, такой, как открытое поле, уровень радиации, измеренный на небольшой высоте, будет меньше расчетного вследствие экранирующего действия мелких неровностей почвы.

Расчеты показывают, что при плотности заражения 1 кюри/м^2 уровень радиации в центре достаточно боль-

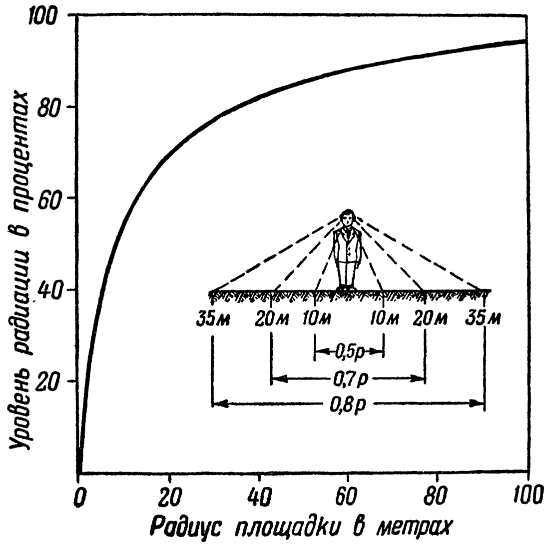


Рис. 79. Изменение уровня радиации с увеличением размеров зараженного участка

шой площадки получается равным 5 рентген/час ($H = 1$ м). Если же степень заражения уменьшить в 1000 раз (220 тыс. распад/см^2 мин.), то и уровень радиации уменьшится тоже в 1000 раз и станет равным 0,005 рентген/час.

Средняя энергия гамма-лучей при расчетах принята равной 0,7 Мэв.

Радиоактивное заражение при воздушном атомном взрыве. При взрыве в воздухе на большой высоте основная часть продуктов деления уносится вверх быстро поднимающимся облаком. Радиоактивное заражение в районе взрыва получается незначительным, так как выпадает

в нем всего лишь несколько сотых долей процента продуктов деления. Остальная часть рассеивается на большой площади по «следу» облака и опасности не представляет. Заражение в районе взрыва определяется в основном наведенной радиоактивностью. Однако и наведенная радиоактивность получается небольшой, поскольку количество нейтронов вблизи поверхности земли быстро уменьшается с увеличением расстояния от центра взрыва. Кроме того, образовавшиеся в почве радиоактивные вещества сравнительно быстро распадаются, поэтому сильное заражение наблюдается в течение непродолжительного времени. Уже через несколько десятков минут после взрыва в районе эпицентра могут действовать войска, не опасаясь поражения.

Известно, например, что при взрывах в Японии радиоактивное заражение местности и городских объектов было очень мало. Точно так же и при воздушном взрыве у Бикини летом 1946 г. заражение кораблей радиоактивными веществами не имело особого значения.

Радиоактивное заражение при наземном взрыве. При взрыве в воздухе на небольшой высоте радиоактивное заражение получается более сильным. В этом случае огненный шар соприкасается с поверхностью земли. Верхний слой почвы расплавляется, перемешивается с продуктами взрыва и разбрасывается ударной волной. Значительная часть радиоактивных продуктов взрыва остается в районе взрыва в виде радиоактивного шлака. В облако вовлекается большое количество пыли и мелких частиц шлака с осевшими на них радиоактивными атомами.

Средняя величина частиц грунта, втянутых в облако при наземном взрыве, будет значительно больше, чем при воздушном.

По мере поднятия облака некоторая доля наиболее крупных частиц пыли и шлака выпадает из него на землю в районе взрыва, усиливая радиоактивное заражение местности, прилегающей к месту взрыва. Выпадение радиоактивных веществ продолжается и по пути движения облака, в результате чего образуется полоса зараженной местности шириной в несколько километров и длиной в несколько десятков километров и более в зависимости от мощности взрыва.

На рис. 80 показано, как изменяется распределение уровней радиации в районе наземного взрыва с течением времени. Приведенные данные характерны для тех случаев, когда взрыв происходит при умеренном ветре без дождя. Вблизи центра взрыва местность оказывается сильно зараженной, но площадь такого заражения сравнительно невелика.

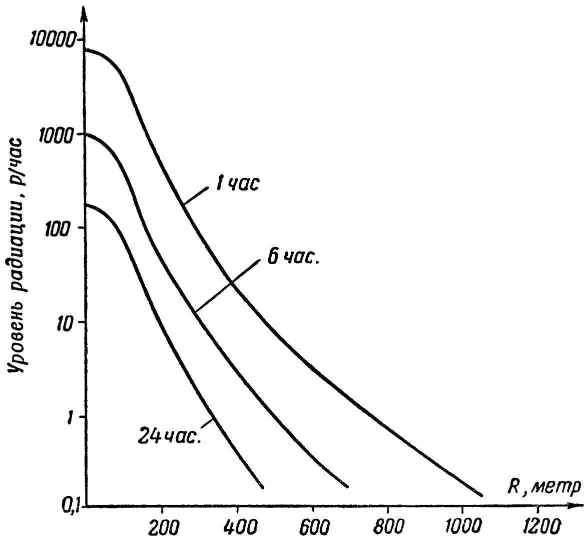


Рис. 80. Изменение уровней радиации с расстоянием при наземном взрыве (q=20 тыс. т)

Преодоление зараженного участка (в направлении на центр) даже и в этом случае вполне возможно. Расчеты показывают, что при движении со скоростью 50 км/час через час после взрыва максимально возможная доза не будет превышать дозы, допустимой при однократном облучении.

Уровень радиации зависит от плотности потока гамма-квантов (числа квантов, приходящихся на 1 см^2 за 1 сек) и их энергии. Энергия со временем изменяется мало, а количество гамма-квантов уменьшается прямо пропорционально уменьшению активности. Поэтому изменение уровня радиации на местности, зараженной про-

дуктами деления, довольно неплохо определяется тем же законом, что и для изменения активности, а именно:

$$P = P_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-1,2},$$

где P_0 — уровень радиации в некоторый момент t_0 после взрыва;

P — уровень радиации в момент времени t.

Уровень радиации через шесть часов уменьшается в 9 раз, а через сутки — в 46 раз по сравнению с уровнем радиации через час после взрыва.

Суммарная доза, получаемая за время от t_1 до t_2, например за время пребывания на зараженном участке местности, когда t_1 может означать момент прибытия на этот участок, то есть начало облучения, а t_2 — момент убытия, то есть конец облучения, определяется по следующей формуле:

$$Д = 5Pt^{1,2}\left(\frac{1}{t_1^{0,2}} - \frac{1}{t_2^{0,2}}\right) \text{ рентгенов},$$

где P — уровень радиации, измеренный в момент t;

t_1 и t_2 — время начала и конца облучения.

В этой формуле время t, t_1 и t_2 измеряется в часах, начиная с момента взрыва.

Если начало облучения совпадает с моментом измерения уровня радиации, то есть $t = t_1$, то приведенная формула запишется несколько иначе, а именно:

$$Д = 5P_1t_1\left[1 - \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^{0,2}\right],$$

где P_1 — уровень радиации, измеренный в момент времени t_1 после взрыва;

Д — доза радиации, получаемая за промежуток времени от t_1 до t_2.

Если t_2 много больше t_1, то суммарная доза (обозначим ее $Д_{макс}$) вычисляется по более простой формуле:

$$Д_{макс} = 5P_1t_1 \text{ рентгенов}.$$

Такая доза может быть получена при очень длительном пребывании в зараженном районе.

Следовательно, максимально возможная доза при очень длительном облучении не превышет $Д_{макс}$. Если

через шесть часов после взрыва уровень радиации составляет, например, 10 рентген/час, то $Д_{макс}$ = 300 рентгенов.

Предположим для удобства, что облучение началось через час после взрыва ($t_1 = 1$ час.) и $P_1 = 1$ рентген/час. Вычисленные для этого случая значения дозы при облучении в течение времени t приведены в таблице 27.

Таблица 27

Изменение дозы гамма-излучения во времени (уровень радиации через 1 час после взрыва равен 1 рентген/час)

t	6 час.	12 час.	1 сутки	2 суток	7 суток	30 суток
Д рентген	1,5	2,0	2,4	2,7	3,2	3,8

Конечно, если начальный уровень радиации будет равен не 1 рентген/час, а допустим 10 рентген/час, то соответственно и значения дозы возрастут в 10 раз.

На рис. 81 показано, как накапливается доза при различном времени облучения, причем за 100% принята доза, получаемая при бесконечно длительном пребывании

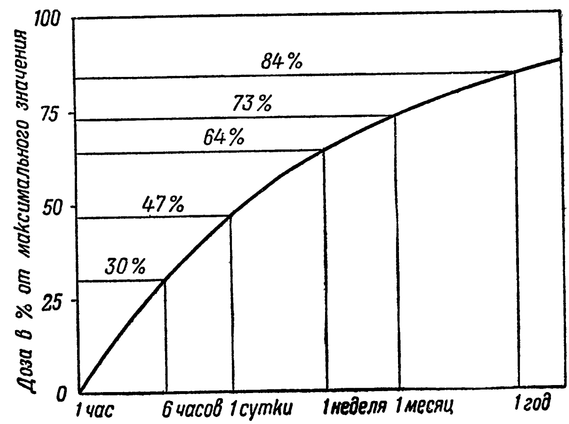


Рис. 81. Зависимость дозы от времени пребывания на зараженном участке

на зараженной местности, а облучение начинается через час после взрыва.

Из рисунка видно, что значительная часть всей дозы — около 50% — получается организмом за первые сутки, далее накопление дозы происходит более медленно.

При наземном взрыве большое количество радиоактивной пыли выпадает по «следу» облака. Заражение местности возможно вдали от места взрыва. Например, при испытаниях у Аламогордо сильная радиоактивность была отмечена на расстоянии нескольких миль севернее и восточнее места взрыва. Однако создаваемая общая доза была безопасной. Сообщалось, что на поверхность тела нескольких животных, находящихся в 16—24 км от места взрыва, попала радиоактивная пыль. Через несколько недель у них на отдельных местах появились нарывы, выпала шерсть. Нарывы вскоре зажили, а в дальнейшем наступило полное восстановление пораженных мест.

Длина и форма радиоактивного «следа» зависят от скорости и направления ветра на различных высотах. След радиоактивного облака в виде вытянутого эллипса образуется на равнинной местности при постоянном направлении ветра на всех высотах, где проходят частицы радиоактивной пыли.

Однако приходится считаться с возможностью изменения направления ветра на некоторых высотах. В этом случае форма следа будет также изменяться.

При наземном взрыве выпадает в районе взрыва приблизительно 65—90% радиоактивных продуктов деления Площадь местного заражения зависит от характера грунта, определяющего количество выброшенной в воздух пыли и размеры пылевых частиц, а также от метеорологических условий в момент взрыва, определяющих направление движения радиоактивной пыли и расстояние, на которое она будет унесена прежде чем успеет осесть на землю. Площадь опасного радиоактивного заражения местности при наземном взрыве средней мощности может быть порядка 250 км^2.

Ниже в таблице приводятся ориентировочные данные о радиоактивном заражении при наземном взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т. Скорость среднего ветра равна 24 км/час. Уровни радиации

определены через час после взрыва при условии полного выпадения радиоактивных продуктов взрыва.

Таблица 28

Радиоактивное заражение при наземном взрыве[1]

Уровень радиации, рентген/час	Расстояния от центра взрыва, км		Ширина следа облака, км
	против ветра	по ветру	
3000	0,16	1,6	0,5
1000	0,35	3,7	1,1
300	0,66	8,3	1,9
100	1,06	18,5	2,9
30	1,50	35,0	4,5
10	2,20	80	8,1

Начало выпадения на поверхность земли радиоактивной пыли из атомного облака на данном расстоянии R от места взрыва при скорости среднего[2] ветра V ориентировочно можно определить, разделив R на V. Так, если $V = 20$ км/час, а $R = 40$ км, то выпадение пыли в этом районе начнется примерно через два часа после взрыва. За время оседания пыли активность радиоактивных веществ существенно уменьшается, вследствие самопроизвольного распада.

На рис. 82 показано, как влияют различные факторы на выпадение радиоактивных частиц. С увеличением высоты подъема частиц одинакового размера увеличивается и расстояние от места взрыва, на котором они достигают поверхности земли (рис. 82, А). При этом горизонтальное перемещение крупных частиц будет значительно меньше перемещения мелких частиц, падающих с той же самой высоты (рис. 82, Б).

Если на всех высотах возрастает скорость ветра, как изображено на рис. 82, В, то возрастает и дальность выпадения радиоактивных частиц. Последняя часть рисунка (рис. 82, Г) схематично показывает путь частицы под действием ветра, изменяющегося по направлению и

1 «The Effects of Nuclear Weapons», Washington, 1957.

2 Средним ветром называют такой ветер, направление и скорость которого являются средними для всей системы ветров, действующих на радиоактивные частицы при их движении к земле.

по величине (направление ветра показано стрелкой, а величина — длиной стрелки).

Основной характер явлений, связанных с выпадением радиоактивных веществ при наземном взрыве, по суще-

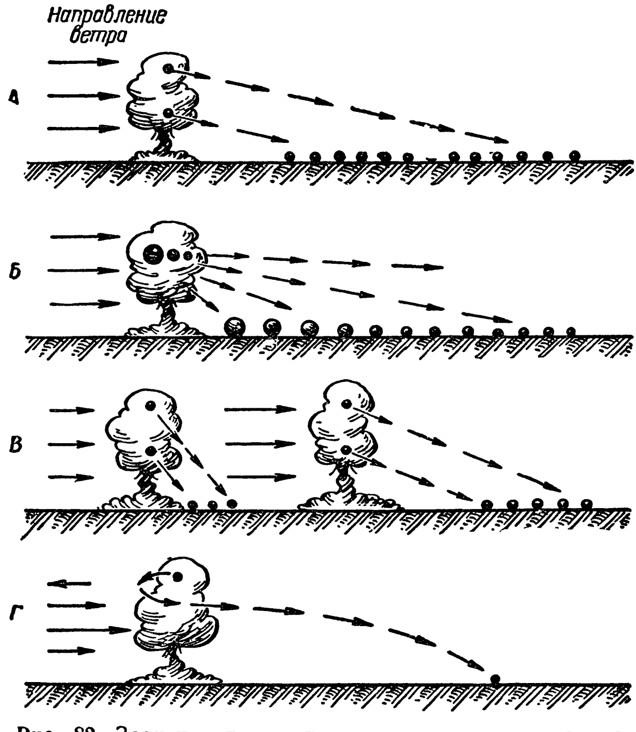


Рис. 82. Зависимость расстояния до места взрыва, на котором радиоактивные частицы достигают поверхности земли от высоты подъема (*А*), от размеров частиц (*Б*) и характера ветра (*В* и *Г*)

ству от мощности взрыва не зависит. Количество же радиоактивных продуктов деления пропорционально тротиловому эквиваленту атомного заряда. Эти обстоятельства позволяют установить весьма простую зависимость от мощности взрыва уровней радиации.

$$P_1 = P_2 \sqrt[3]{\frac{q_1}{q_2}} \text{ при } R_1 = R_2 \sqrt[3]{\frac{q_1}{q_2}}.$$

В этих выражениях P_2 — уровень радиации на расстоянии R_2 через час после наземного взрыва атомного заряда с тротиловым эквивалентом q_2; P_1 — уровень радиации на расстоянии R_1 через час после взрыва заряда q_1.

При взрывах атомных зарядов, тротиловый эквивалент которых меньше 100 тыс. т, иностранными специалистами рекомендуется принимать за основу для расчетов данные о радиоактивном заражении при взрыве заряда с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т.

Приведенные выше приближенные соотношения позволяют более просто производить некоторые практические расчеты. Покажем на конкретном примере порядок такого расчета.

Пример. Тротиловый эквивалент атомного заряда при наземном взрыве составляет $q = 75$ кт. Скорость среднего ветра равна 24 км/час. Определить уровень радиации, создаваемый на участке местности, удаленном от центра взрыва на 55 км в направлении ветра, в момент выпадения радиоактивных веществ.

Решение. В табл. 28 приведены уровни радиации, создаваемые на местности при взрыве атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т. Заданными величинами в таком случае будут: $q_1 = 75$ кт; $q_2 = 20$ кт; $R_1 = 55$ км. Найдем R_2.

$$R_2 = \frac{55}{\sqrt[3]{\frac{75}{20}}} = 35 \text{ км}.$$

По данным таблицы, на этом расстоянии $R_2 = 30$ рентген/час, тогда $P_1 = 30\sqrt[3]{\frac{75}{20}} = 46$ рентген/час. Однако найденный уровень радиации мог бы быть на расстоянии 55 км через час после взрыва, а по условию задачи требуется определить уровень радиации в момент выпадения радиоактивных продуктов взрыва, то есть через $t_{вып} = \frac{55}{24} = 2{,}3$ часа. За это время вследствие распада выпадающих продуктов уровень радиации несколько уменьшится до величины P.

$$P = P_1 t_{вып}^{-1,2};$$

$$P = 46 \cdot 2{,}3^{-1,2} = 17 \text{ рентген/час}.$$

Это и есть тот уровень радиации, который будет наблюдаться в данном месте непосредственно после выпадения радиоактивных веществ.

Если бы скорость среднего ветра увеличилась вдвое, то расстояние, на котором можно ожидать вычисленный уровень радиации, ориентировочно также увеличилось бы в два раза.

Подземный взрыв. Особенностью подземного атомного взрыва является образование значительной воронки и выброс большого количества грунта. Часть грунта падает обратно в воронку, основная масса грунта разбрасывается по поверхности земли. Размеры воронки зависят от глубины проникания бомбы в грунт, от мощности взрыва, от свойств грунта.

Подземный взрыв приводит к очень сильному радиоактивному заражению местности, прилегающей к месту взрыва, так как радиоактивные вещества разбрасываются вместе с грунтом на сравнительно небольшой площади; особенно много их остается в воронке.

Радиоактивные продукты взрыва при выбросе грунта перемешиваются с ним, так что в навале выброшенного грунта их можно обнаружить как в верхних, так и в нижних слоях. Но из нижних слоев навала гамма-лучи, выходя наружу, сильно ослабляются. Характерной особенностью радиоактивного заражения при подземном взрыве и является то, что значительная часть образующихся радиоактивных веществ оказывается погребенной в грунте и не может оказать вредного действия.

Влияние толщины слоя радиоактивно зараженного грунта на уровень радиации над ним (высота измерения 1 м) при равномерном распределении в слое радиоактивных веществ показано на рис. 83. В данном случае средняя энергия γ-лучей принята равной 0,7 Мэв, размеры площадки приняты достаточно большими. График на рис. 83 показывает, что радиоактивные вещества в верхнем слое толщиной 5 см дают примерно 70% максимально возможного уровня радиации; в следующих 5 см — добавляют 18%, и далее прибавляется уже только 12%. Таким образом, уровень радиации почти полностью определяется гамма-излучением, исходящим из слоя сравнительно небольшой толщины.

Нужно заметить, что при измерениях на небольшой высоте ($H = 1$ м) над слоем активного грунта уровень

радиации мало зависит от радиуса слоя. Участки грунта, удаленные от точки измерения более чем на 10 м, создают лишь 10% полного значения уровня радиации.

В зависимости от плотности грунта толщина этого слоя может несколько изменяться. Кроме того, распределение радиоактивных веществ в выброшенном грунте может быть неравномерным; по-видимому, в верхнем слое их будет больше, чем в нижнем.

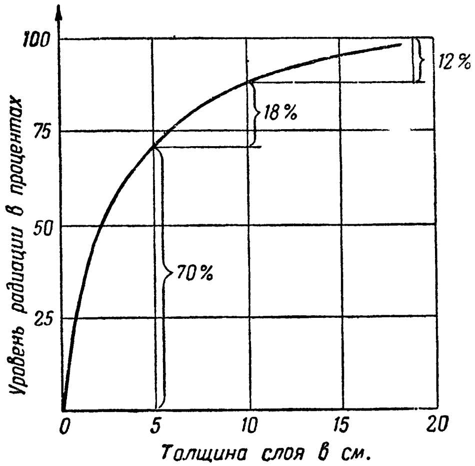


Рис. 83. Уровень радиации над радиоактивным слоем разной толщины

При взрыве в обычном грунте не на очень большой глубине может возникнуть пылевая волна в виде облака пыли, перемещающегося по поверхности земли под действием ветра. Эта волна может создать сильное радиоактивное заражение на значительных расстояниях от места взрыва.

На уровень радиации при подземном атомном взрыве большое влияние оказывает наведенная радиоактивность, особенно в воронке и вблизи нее. В первые моменты после взрыва уровень радиации в воронке может составлять сотни тысяч рентгенов в час.

В районе воронки подземного взрыва можно ожидать приблизительно такого же заражения, как и при взрыве на поверхности земли, если одинаковы условия взрывов.

Однако общая площадь радиоактивного заражения в случае подземного взрыва будет значительно меньше по сравнению с площадью заражения от наземного взрыва.

Длительное пребывание в районе воронки является опасным, по-видимому, в течение нескольких недель.

Подводный взрыв. При подводном взрыве, так же как и при подземном, почти все радиоактивные продукты деления остаются в воде. Степень заражения будет зависеть от глубины взрыва, от характера водоема, от метеорологических условий и т. д. Радиоактивное заражение воды усиливается тем, что под действием нейтронов создается искусственная радиоактивность у некоторых элементов, входящих в состав солей морской воды. Стойкость заражения выше, чем при надводном взрыве, но ниже по сравнению с подземным взрывом. Уменьшение интенсивности заражения происходит не только за счет радиоактивного распада, но также вследствие перемешивания зараженной воды с окружающей чистой водой и оседания радиоактивных частиц на дно водоема.

Подводный взрыв, как известно, сопровождается образованием базисной волны. В результате распространения базисной волны и выпадения радиоактивного дождя в районе взрыва заражаются различные объекты, находящиеся на поверхности воды. Радиоактивная вода может сделать гавань или устье реки временно непригодными для использования; может оказаться зараженным и прибрежный район.

Появление базисной волны обусловлено наличием в районе взрыва влажных масс воздуха. В иностранной литературе приводятся высказывания о том, что базисной волны может и не быть, если во время подводного атомного взрыва будут преобладать сухие воздушные массы.

Радиоактивность воды после атомного взрыва у Бикини (глубина взрыва 8—9 м) характеризуется данными, приведенными ниже в таблице [1].

Если пересечь зону заражения спустя четыре часа со скоростью 36 км/час, то максимально возможная доза будет не более 15 рентгенов.

1 «The Effects of Atomic Weapons», New York — London, 1950.

Таблица 29

Радиоактивное заражение при подводном взрыве

Время после взрыва, час	Средний диаметр зоны заражения, км	Максимальный уровень радиации, рентген/час
4	7,4	75
38	7,7	10
62	12,6	5
86	14	1
100	15	0,6
130	18,7	0,2
200	23	0,01

Однако длительное пребывание корабля в зараженном районе является опасным в течение первых одного — двух дней.

Радиоактивное заражение воздуха. В результате атомного взрыва радиоактивными веществами заражаются не только местность и расположенные на ней объекты, но и воздух. Заражение воздуха радиоактивной пылью вблизи поверхности земли сильно зависит от метеорологических условий, характера растительности и состояния поверхности грунта. Кроме пыли, в воздухе имеются и газообразные продукты взрыва, особенно радиоактивные инертные газы ксенон и криптон. Однако эти изотопы имеют сравнительно небольшой период полураспада и активность их с течением времени быстро уменьшается.

Основная масса радиоактивных веществ, в том числе и газов, содержится в атомном облаке, образующемся при взрыве. Атомное облако является мощным источником бета- и гамма-излучения.

Высота подъема атомного облака зависит от мощности взрыва, от температурного градиента и плотности окружающего воздуха. Во время испытаний ядерных зарядов мощностью в несколько миллионов тонн, проведенных США в 1952 и 1954 гг. в Тихом океане, верхушка облака, как сообщала иностранная печать, поднималась на высоту 30—40 км.

Ориентировочные данные о высоте подъема и размерах атомного облака приводятся в табл. 30.

Таблица 30

Зависимость высоты подъема и размеров атомного облака от мощности взрыва [1]

Тротиловый эквивалент, тыс. т	Высота подъема центра облака, км	Толщина облака, км	Диаметр облака через 10 мин. после взрыва, км
2	3	1	2
10	6	2	3
100	12	5	10
1000	19	8	30
10000	25	14	—

При прохождении самолета через облако экипаж его подвергается действию радиоактивных излучений. Доза облучения определяется, во-первых, гамма-излучением радиоактивных веществ, содержащихся в облаке, во-вторых, гамма-, бета- и альфа-излучением зараженного воздуха, поступающего в кабину самолета, и, в-третьих, гамма-излучением тех радиоактивных веществ, которые остались на самолете после пролета облака.

Воздействие на экипаж самолета гамма-излучения облака, иначе говоря, степень внешнего облучения, зависит от уровня радиации в облаке, продолжительности полета и от направления полета относительно центра облака. Уровень радиации в облаке непрерывно уменьшается вследствие распада радиоактивных веществ и оседания их на поверхность земли. Как уже указывалось, размеры облака, образовавшегося при взрыве, непрерывно увеличиваются, причем в первые минуты после взрыва облако имеет почти сферическую форму, а затем оно вытягивается по направлению ветра, форма его приближается к яйцевидной. Чем больше времени прошло после взрыва, тем сильнее размываются внешние очертания облака воздушными потоками и тем сложнее становится форма его. Через час после взрыва атомной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т объем облака достигает 300 км^3. При равномерном распределении радиоактивных веществ в облаке удельная актив-

[1] По данным книги «Метеорология и атомная энергия». Перевод с английского. Издательство иностранной литературы, 1959.

ность получается равной примерно 0,02 милликюри на литр.

При взрыве бомбы калибром 20 млн. т объем облака через час после взрыва будет составлять примерно 10 тыс. км³ и средняя концентрация в нем радиоактивных

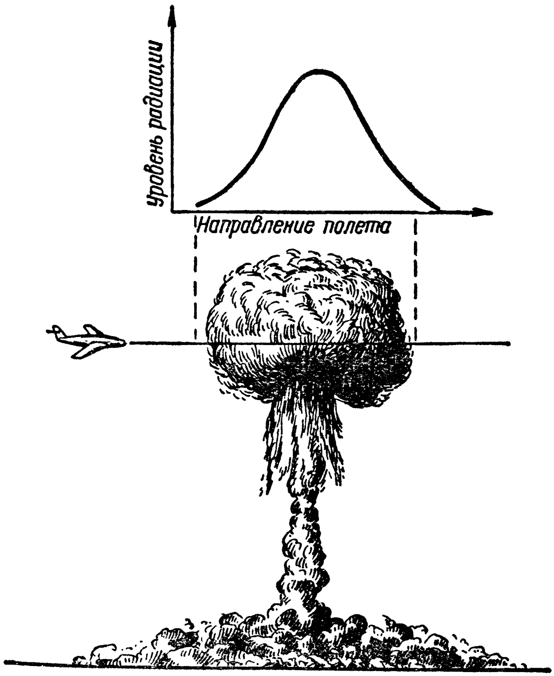


Рис. 84. Примерный график изменения уровня радиации по диаметру атомного облака

веществ окажется приблизительно равной 0,7 милликюри на литр. Вдыхание такого воздуха может привести к серьезным поражениям.

Радиоактивные вещества распределяются в облаке неравномерно, следовательно, и уровень радиации также не будет постоянным. На рис. 84 показана возможная схема изменения уровня радиации по сечению облака. Если самолет пролетает облако, хотя бы немного отклонившись от центра, доза радиации будет уже значительно меньше. Если предположить, что радиоактивные вещества по объему облака распределены равномерно, то

уровень радиации имеет максимальное значение в центре облака; к внешней границе облака он уменьшается примерно вдвое.

На основе данных, приводимых в печати, можно считать, что полученная экипажем доза при одно-двухминутном пролете в радиоактивном облаке, будет меньше допустимой дозы, если после взрыва прошел примерно час времени. Но даже и в том случае, если пролет происходил через полчаса после взрыва, доза за все время пролета будет меньше допустимой при однократном облучении. Величина дозы будет зависеть также и от конструкции самолета, так как гамма-лучи будут поглощаться элементами самолета: баками с горючим, двигателем и др.

Пролет через основание облака (через пылевой столб) более безопасен. Диаметр столба меньше диаметра облака, поэтому меньше будет время воздействия излучений; кроме того, концентрация радиоактивных веществ в пылевом столбе невелика.

Серьезную опасность для экипажа может представлять поступающий в кабину воздух, зараженный радиоактивными веществами. Если исключить каким-либо образом возможность попадания такого воздуха в кабину, то воздействие на экипаж будет определяться только внешним гамма-облучением.

При пролете самолета через облако происходит заражение его внешних поверхностей, двигателя и прочих элементов, куда может затекать воздух. Радиация зараженного самолета действует на экипаж в течение всего времени пролета после прохождения атомного облака. Зараженный самолет не представляет опасности для экипажа с точки зрения облучения при последующих полетах, однако работа на нем, особенно на двигателе, требует принятия мер предосторожности.

Конечно, следует иметь в виду, что, чем больше скорость полета, тем меньше время пребывания в облаке и тем меньше будет доза облучения.

3. Радиоактивное заражение при термоядерном взрыве

Радиоактивное заражение местности при термоядерном взрыве обусловливается двумя факторами:

а) искусственной (наведенной) радиоактивностью в элементах почвы;

б) выпадением радиоактивных веществ из облака.

В случае термоядерного взрыва следует ожидать более сильной искусственной радиоактивности в районе взрыва, так как число нейтронов, приходящихся на единицу площади земной поверхности, в этом случае больше. При взрыве на большой высоте выпадение радиоактивных веществ из облака будет незначительным, так как основная часть их будет рассеяна в атмосфере. Некоторое количество радиоактивного пепла и пыли, взлетевших в стратосферу в результате взрыва, может распространяться по всему земному шару благодаря общей циркуляции атмосферы.

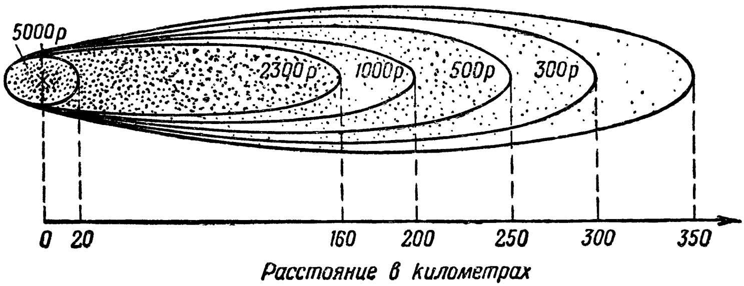


Рис. 85. Схема радиоактивного заражения местности в районе наземного термоядерного взрыва 1 марта 1954 г.

Если термоядерный взрыв производится на малой высоте, то наблюдается сильное заражение не только в районе взрыва, но и по следу облака. При испытании водородной бомбы, произведенном США 1 марта 1954 г. на атолле Эниветок (Тихий океан), выпадение радиоактивных веществ из облака создавало зараженный участок по «следу» в виде вытянутого эллипса, как показано на рис. 85. Полоса выпадения продуктов взрыва простиралась на 350 км по ветру и на 30 км против ветра. На рисунке приведены величины доз облучения, которые могли быть получены за 36 часов пребывания в зараженной зоне при условии, что люди находятся на открытой местности и не приняли даже простейших мер предосторожности. Доза, созданная в течение 36 часов после выпадения радиоактивных веществ, может быть равной 2000—2300 рентгенов на удалении 160 км и 1000 рентгенов на удалении 200—220 км от места взрыва. Наиболь-

шая ширина полосы составляла примерно 65 км. Конечно, при других метеорологических условиях эти данные могли быть иными.

Японское рыболовное судно «Фукуруи-Мару» («Счастливый дракон») в момент взрыва 1 марта 1954 г. находилось на расстоянии примерно 140 км от места опытов. В три часа утра на горизонте рыбаки увидели вспышку красновато-белого цвета, а через 7—8 мин, услышали звук взрыва. Небо, совершенно чистое до этого, затянулось тучами. Спустя несколько часов рыбаки были настигнуты разрастающимся облаком взрыва. Поверхность воды и палуба судна покрылись безобидно выглядевшей мельчайшей белой пылью, напоминавшей пепел.

Углекислый кальций, из которого в основном состоят кораллы острова, под действием высокой температуры превратился в окись кальция. В процессе подъема и последующего охлаждения вновь образовались частички углекислого кальция, диаметр частиц изменялся от 0,025 до 0,5 мм. Выпадение пыли на судно началось через 3 часа 30 минут после взрыва и продолжалось в течение 4 часов.

Японские рыбаки спокойно занимались рыбной ловлей и не подозревали о грозящей им опасности. Они не могли знать, с чем связано выпадение пепла и каково его действие. Впоследствии выяснилось, что этот пепел был радиоактивным и все члены экипажа получили поражения. Уже через три дня у них обнаружилось лучевое поражение кожных покровов и начали развиваться признаки лучевой болезни. Пострадавшие рыбаки вернулись в свою гавань 14 марта 1954 г. и только тогда получили медицинскую помощь. Один из пострадавших, Лейкици Кубояма, умер, остальные прошли длительное лечение. Японские физики внимательно исследовали и другие рыболовные судна, вернувшиеся из районов рыбной ловли в Тихом океане. Одно судно, курсировавшее 1 марта 1954 г. на удалении 1500 км от Бикини, после возвращения 31 марта 1954 г. показывало ненормально высокую радиоактивность. Оказалось сильно зараженным и другое судно, проходившее 6 апреля 1954 г. мимо Бикини на удалении приблизительно 800 км.

Произведя анализ радиоактивной пыли, выпавшей на судно «Фукуруи-Мару» после взрыва 1 марта 1954 г., японские ученые обнаружили в ней значительное коли-

чество урана 237. Этот изотоп образуется в результате поглощения ядром урана 238 одного сверхбыстрого нейтрона и последующего испускания двух нейтронов. При реакции деления нейтронов с очень большой энергией высвобождается чрезвычайно мало, тогда как при термоядерной реакции они имеются в большом количестве. На основании этих соображений, а также учитывая очень большие размеры зараженного района, ученые сделали вывод о том, что тогда была взорвана водородно-урановая бомба (термоядерный заряд с урановой оболочкой).

Испытания США водородной бомбы вызвали беспокойство во всей Японии, так как часть рыбы вблизи японского берега оказалась зараженной. Після проверки в море были выброшены тысячи тонн выловленной рыбы. Справедливое возмущение японского народа было поддержано миллионами простых людей. Борьба за запрещение водородного оружия, как и других средств массового поражения, охватила широкие слои населения всего мира.

Кобальтовая бомба. Если сделать у водородной бомбы оболочку из химических элементов, в которых под действием нейтронов образуются радиоактивные изотопы, испускающие гамма-лучи или бета-частицы, то можно увеличить количество радиоактивных веществ, образующихся при взрыве. Период полураспада таких элементов может составлять несколько месяцев и даже несколько лет. В иностранной печати не раз упоминался кобальт как один из наиболее возможных элементов для создания специальной бомбы с целью длительного заражения местности. Кобальт имеет один стабильный изотоп Co^{59}. При захвате нейтрона ядром атома Co^{59} возникает радиоактивный изотоп Co^{60}, имеющий период полураспада пять лет и испускающий гамма-лучи и бета-частицы (малой энергии). Кроме кобальта, могут быть использованы: цинк (Zn^{65} имеет период полураспада $T = 250$ дней), цезий (Cs^{134}, $T = 2$ года) и некоторые другие элементы, обладающие хорошей способностью захватывать нейтроны.

Таким образом, кобальтовая бомба не является каким-то принципиально новым видом оружия. Она представляет собою водородную, урановую или плутониевую бомбу, радиоактивное действие которой усилено применением специально подобранных элементов.

Рассмотрим ориентировочно, каковы же боевые возможности кобальтовой бомбы.

Если водородный заряд, равный примерно 12 кг, окружить оболочкой из кобальта так, что все нейтроны будут захвачены ядрами его атомов, то общая наведенная активность будет более миллиарда кюри. Однако большое количество радиоактивного кобальта образуется лишь в том случае, если с ним взаимодействуют медленные нейтроны. При ядерном взрыве возникают в основном быстрые и сверхбыстрые нейтроны, которые замедляются, проходя через оболочку, и частично захватываются кобальтом.

При захвате сверхбыстрых нейтронов, получающихся, например, при реакции дейтерия с тритием, образуются атомные ядра радиоактивного марганца (а не кобальта) с периодом полураспада 2,6 часа. Следует учитывать также и то, что при взрыве кобальтовой бомбы образуются продукты деления вещества атомного детонатора. При воздушном взрыве такой бомбы сильного заражения не может быть. В первый момент оно будет примерно таким же, как и при взрыве бомбы без кобальтовой оболочки. Наличие радиоактивного кобальта, выпавшего на местность, повышает стойкость заражения. По-видимому, в некоторых случаях и при небольшой концентрации оно может затруднить длительное пребывание на этой местности.

В цинковой оболочке активность будет в десятки раз меньше, а в стальной — примерно в десять тысяч раз меньше по сравнению с кобальтовой.

4. Влияние метеорологических условий на степень заражения

На степень заражения местности влияют метеорологические условия: ветер, дождь, снег, облачность.

При сильном ветре облако с радиоактивными веществами относится от места взрыва на большое расстояние, выпадающая из него радиоактивная пыль распределяется на значительной площади. При этом размеры зараженного участка, особенно длина, увеличиваются, а степень заражения уменьшается.

На направление и скорость ветра в приземных слоях атмосферы оказывают влияние рельеф местности и

растительный покров. Чем резче выражен рельеф местности, тем более сложным является движение возуха, а это в свою очередь сказывается на неравномерном заражении отдельных участков местности. При обтекании воздушными массами возвышенностей и холмов более интенсивное оседание радиоактивных частиц, а следовательно, и более сильное заражение будет наблюдаться на наветренной стороне. Подветренные скаты будут менее заражены.

Большое влияние на распространение ветром радиоактивных веществ на местности оказывают овраги, лощины, различные выемки и углубления. Если ветер дует вдоль оврага, то зараженность на дне его будет более высокой, чем в том случае, когда ветер дует поперек оврага.

Кроме ветра, необходимо учитывать также вертикальное перемещение воздушных масс, которое определяется в основном распределением температуры в воздухе над земной поверхностью. Нагретый воздух стремится подняться вверх, причем подъем идет тем быстрее, чем сильнее нагрет воздух. На место поднявшегося нагретого воздуха опускается холодный воздух из верхних слоев, таким образом, усиливается перемешивание воздуха и оседание частичек пыли становится более длительным.

Необходимо правильно представлять себе, как происходит заражение местности, покрытой лесом. В лесу в момент выпадения радиоактивных веществ следует ожидать меньшего заражения, чем на открытой местности.

Однако существует и обратное влияние леса, которое проявляется после дождя. Движение в зараженном лесу увеличивает опасность заражения при соприкосновении с ветками деревьев, на которых осела пыль (или капли) с радиоактивными веществами.

В зимнее время снегопад будет способствовать более быстрому выпадению радиоактивных веществ из облака и зараженность местности возрастет, а зараженность воздуха, наоборот, резко снизится.

Продолжающийся снегопад приведет к тому, что излучение, испускаемое радиоактивными веществами, будет ослабляться слоем снега, а главное, будет уменьшаться опасность заражения людей при движении на зараженной местности.

Облачность при атомном взрыве может быть одной из причин выпадения радиоактивного дождя. В этом слу-

чае, а также и в случае, если взрыв произошел во время дождя, радиоактивные вещества выпадают на местность вместе с капельками воды. Происходит более интенсивное заражение того района, над которым прошел радиоактивный дождь.

Выпадение радиоактивного дождя можно объяснить теми же причинами, которые определяют выпадение обычного дождя.

В результате атомного взрыва большие массы воздуха, содержащего водяные пары, увлекаются вверх. Следовательно, с подъемом атомного облака увеличивается приток влаги в верхние слои атмосферы. Кроме того, содержащиеся в облаке твердые частицы усиливают конденсацию водяных паров. Мелкие капли будут оседать на этих частицах, содержащих радиоактивные вещества, а затем могут выпасть в виде дождя.

Исследования показывают, что в тропосфере ядер конденсации обычно бывает достаточно для образования облаков. Увеличение количества ядер конденсации может привести к тому, что водяной пар будет интенсивнее конденсироваться и капельки получатся меньшие по размерам. Это может несколько ускорить образование облаков, но замедлит образование осадков, так как мелкие капельки не смогут выпасть на поверхность земли.

В стратосфере могут сложиться несколько иные условия. Здесь иногда обнаруживается недостаток естественных ядер конденсации, поэтому добавление радиоактивных продуктов взрыва может способствовать образованию облаков. Однако в стратосфере очень невелико количество водяного пара, и поэтому образующиеся облака не смогут дать осадков.

Более вероятно выпадение радиоактивного дождя в том случае, когда атомное облако, проходя через дождевое облако, становится как бы частью его. Интенсивность дождя и размер района, где он выпадает, зависят от общей метеорологической обстановки и от условий атомного взрыва. Взрыв над водной поверхностью при сильной облачности, как правило, сопровождается выпадением дождя. Например, при воздушном взрыве у Бикини в районе Тихого океана в течение двух или трех часов после взрыва над островами шел небольшой дождь. Основной причиной дождя было наличие на небольшой

высоте дождевых облаков. Дождь прошел над большой площадью, но радиоактивный дождь выпал только в зоне прохождения атомного облака.

5. Поражающее действие радиоактивных веществ

При действиях на зараженной местности возможны два случая воздействия ядерных излучений на организм человека: воздействие при отсутствии непосредственного контакта с радиоактивными веществами (внешнее облучение) и воздействие излучений радиоактивных веществ, попавших на кожу, слизистые оболочки или внутрь организма.

Излучения, испускаемые внешним источником, могут вызвать поражение организма лишь в том случае, если они обладают достаточной проникающей способностью. Следовательно, внешнее облучение определяется в основном действием гамма-излучения. В результате облучения точно так же, как и при действии гамма-излучения проникающей радиации, могут возникнуть лучевые заболевания, о которых уже было рассказано выше.

Однако в отличие от проникающей радиации, действующей в течение нескольких секунд, на радиоактивно зараженной местности гамма-лучи могут воздействовать на организм значительно более длительное время.

При попадании радиоактивных веществ на кожу альфа-частицы не могут проникнуть в живую ткань далее верхнего слоя ее; бета-частицы, хотя и имеют больший пробег, однако далее нескольких миллиметров и они не могут пройти. Воздействие гамма-лучей будет примерно таким же, как и при внешнем облучении. Радиоактивные вещества, попавшие в достаточно большом количестве на кожу, особенно на слизистые оболочки глаз, носа и рта, могут вызвать воспаления и язвы.

Радиоактивные вещества попадают внутрь организма чаще всего вместе с воздухом, что особенно возможно при движении по зараженным пыльным дорогам в сильный ветер. Занесение радиоактивных веществ внутрь организма возможно также вместе с пищей, с водой, при соприкосновении с зараженными предметами.

Какова же судьба радиоактивных веществ, попавших внутрь организма? Радиоактивные вещества, которые в силу своих химических свойств образуют растворимые

соединения, быстро всасываются организмом и разносятся кровью по всему телу. Попадая в легкие или пищеварительный тракт, они уже через несколько минут обнаруживаются в крови. Нерастворимые частицы оседают и задерживаются в легких по-разному, в зависимости от их размера.

Иттрий, цирконий, лантан, церий, рутений, попадая в легкие, легко переносятся в организм. Дольше задерживаются в легких частицы тяжелых элементов: плутония, урана, радия и др. При поступлении в организм через пищеварительный тракт быстро всасываются организмом те элементы, которые образуют растворимые химические соединения.

Попадая в организм, радиоактивные вещества разносятся по всему телу и задерживаются в различных органах в соответствии со своими химическими свойствами.

Некоторые радиоактивные вещества являются изотопами элементов, которые содержатся в протоплазме и принимают участие в обмене веществ (фосфор, иод, натрий, углерод и др). Те радиоактивные вещества, которые не являются изотопами элементов, присутствующих в организме, но близки к ним по своим химическим свойствам, будут вытеснять или замещать родственный элемент.

Многие радиоактивные элементы обладают способностью избирательно накапливаться в определенных органах и клетках, создавая там высокую плотность ионизации. Иод, например, накапливается в щитовидной железе; иттрий, плутоний, цирконий, стронций, барий — большей частью в костях; прометий, церий, празеодим — в печени и т. д. Степень поражения зависит от количества радиоактивных веществ, попавших внутрь организма, от вида и энергии излучений, от характера распределения радиоактивных веществ в организме, от периода полураспада и срока выведения их из организма и от других факторов. Вследствие этого расчет дозы внутреннего облучения продуктами атомного взрыва или какой-либо другой смесью радиоактивных изотопов является чрезвычайно сложным.

Такие элементы, как Ru^{103}, Ru^{106}, Xe^{133}, Cs^{137}, сравнительно быстро выводятся из организма, гораздо быстрее по сравнению с естественным распадом. Для короткожи-

вущих изотопов, конечно, основную роль играет естественный распад.

Наибольшую опасность среди продуктов деления представляют долгоживущие изотопы. Первое место среди них принадлежит стронцию 90, период полураспада которого равен 28 годам. Стронций по своим химическим свойствам близок к очень распространенному элементу — кальцию. В организме стронций ведет себя приблизительно так же, как кальций, и может заменять его. Подобно кальцию, стронций разносится по организму и концентрируется в костях скелета, причем больше всего — в позвонках. Бета-излучение стронция, воздействуя на костную ткань, может вызвать развитие злокачественных опухолей.

Попадание стронция в организм возможно и косвенным путем. Сначала стронций усваивается растениями, впоследствии эти растения поедаются скотом, и наконец стронций попадает к человеку.

Международная комиссия по защите от радиоактивных излучений определила максимально допустимое количество стронция 90 в скелете человека в размере одной тысячи микромикрокюри на один грамм кальция [1]. Если учесть, что в среднем на долю кальция приходится 1,4% общего веса тела человека, то получим, что предельно допустимое количество стронция в организме соответствует одному микрокюри. Такое количество чистого активного вещества весит значительно меньше одного миллиграмма.

О вредном действии радиоактивных веществ, попавших внутрь организма даже в очень малых количествах, было известно давно. Так, в 20-х годах в США было несколько случаев отравлений радиоактивными веществами среди работниц, наносивших радиоактивный светящийся состав на циферблаты часов.

Радиоактивные вещества, попавшие в организм, благодаря длительному воздействию и постепенному накоплению изменений, создаваемых ими, могут вызвать лучевые заболевания.

[1] Британский медицинский научно-исследовательский совет определил это количество в 100 микромикрокюри на один грамм кальция.

При лучевой болезни, возникающей от внутреннего облучения, отмечаются некоторые особенности. В местах прохождения радиоактивных веществ и выделения их из организма, а также в тех органах и тканях, где они больше всего откладываются, наблюдается большое количество воспалительных изменений и изъязвлений. Кровоточивость кожи выражена слабее, чем при внешнем облучении. Часто возникают воспалительные поражения легких, особенно при попадании радиоактивных веществ в организм вместе с воздухом.

В результате непрерывных испытательных взрывов атомных и термоядерных бомб увеличивается опасность, создаваемая долгоживущими радиоактивными веществами, которые разносятся по всему земному шару.

При взрыве обычной атомной бомбы длительным радиоактивным действием обладают следующие изотопы: стронций 90, цезий 137 и углерод 14, получающийся при захвате нейтронов азотом воздуха. Если взорвана чисто водородная бомба (дейтерий + тритий), то такими продуктами будут углерод 14 и тритий.

Дозы облучения от радиоактивных осадков, выпавших по всему земному шару, очень малы. Однако биологические проблемы, возникающие при этом, относятся пока к наименее исследованной области радиационных поражений — области хронически малых воздействий. При попадании радиоактивных веществ внутрь организма установлены такие требования, чтобы облучение не превышало допустимой нормы не только в организме в целом, но и в том органе, где это облучение оказывается наибольшим (такой орган называют критическим). Расчеты показывают, что если ежегодно будут испытываться атомные бомбы с общим тротиловым эквивалентом 11 млн. т, то к концу века концентрация Sr^{90} в критическом органе (в позвонках) может превзойти предельно допустимую норму у крупных контингентов населения, что может привести в ряде случаев к наследственным заболеваниям и к тяжелым заболеваниям крови.

ГЛАВА VII

ПРОТИВОАТОМНАЯ ЗАЩИТА ВОЙСК

1. Основы противоатомной защиты

Противоатомная защита войск представляет собой комплекс мероприятий, направленных на срыв атомного нападения противника, обеспечение защиты войск и сохранение их боеспособности в условиях применения ядерного оружия.

Противоатомная защита включает: вскрытие атомной подготовки противника и срыв атомного нападения; оповещение войск об опасности атомного нападения; рассредоточение и маскировку войск; инженерное оборудование позиций, районов расположения подразделений и использование защитных свойств местности; ведение непрерывной радиационной разведки и соблюдение мер защиты от поражения радиоактивными веществами и, наконец, ликвидацию последствий атомного нападения.

Наиболее эффективными мероприятиями прстивоатомной защиты являются вскрытие подготовки и срыв атомного нападения противника. Цель этих мероприятий — своевременно разведать наличие и группировку средств атомного нападения противника (самолетов-носителей, ракет, атомной артиллерии) и уничтожить их.

С целью своевременного принятия войсками мер по отражению атомного удара и защите от его поражающего действия организуется оповещение об опасности атомного нападения. Такое оповещение объявляется при наличии непосредственной опасности атомного нападения и производится путем подачи команд и установленных звуковых и зрительных сигналов.

Применять ядерные бомбы противник будет, как правило внезапно. Это вытекает из того, что такое нападение будет всегда готовиться более скрытно. оно может быть осуществлено при малом числе носителей ядерного оружия. Кроме того, внезапность атомного нападения возможна в случае применения такого носителя ядерного оружия, как ракеты дальнего действия.

Время действия поражающих факторов атомного взрыва несравненно больше, чем при взрыве обычных боеприпасов. А так как общее поражение незащищенного человека определяется суммарным воздействием взрыва за все время действия его поражающих факторов, то это значит, что, увидев вспышку атомного взрыва, можно еще успеть защититься от него, если действовать быстро.

Атомное нападение противника не может служить основанием для прекращения боя. Услышав или увидев сигнал атомной тревоги, следует привести в положение «наготове» индивидуальные средства противохимической защиты и продолжать выполнять боевую задачу Нужно быть внимательным, соблюдать спокойствие, выдержку и организованность; командир укажет наиболее целесообразный способ действия.

Если в момент подачи сигнала бой не ведется, следует принять меры для защиты себя и своего оружия от поражения ядерным взрывом. Орудия, танки, самоходно-артиллерийские установки, автомобили необходимо поставить в укрытия и быстро занять подготовленный блиндаж или убежище (рис. 85а). Входя последним в блиндаж (убежище), нужно закрыть за собой дверь или прикрыть вход щитом; в убежище перекрыть дымоход и воздуховод.

Если подготовленных укрытий в момент подачи сигнала атомной тревоги поблизости нет, нужно использовать для укрытия любую складку местности или местный предмет, как показано на рис. 85а. Нельзя оставлять вне укрытий свое оружие, приборы, радиостанцию — их следует захватить с собой в убежище; возгораемые детали техники, оставленной вне укрытий, надо для защиты от светового излучения накрыть брезентами или чехлами. По сигналу атомной тревоги движение не прекращается. Водители закрывают кабину (люк, жалюзи) и сохраняют свое место в колонне.

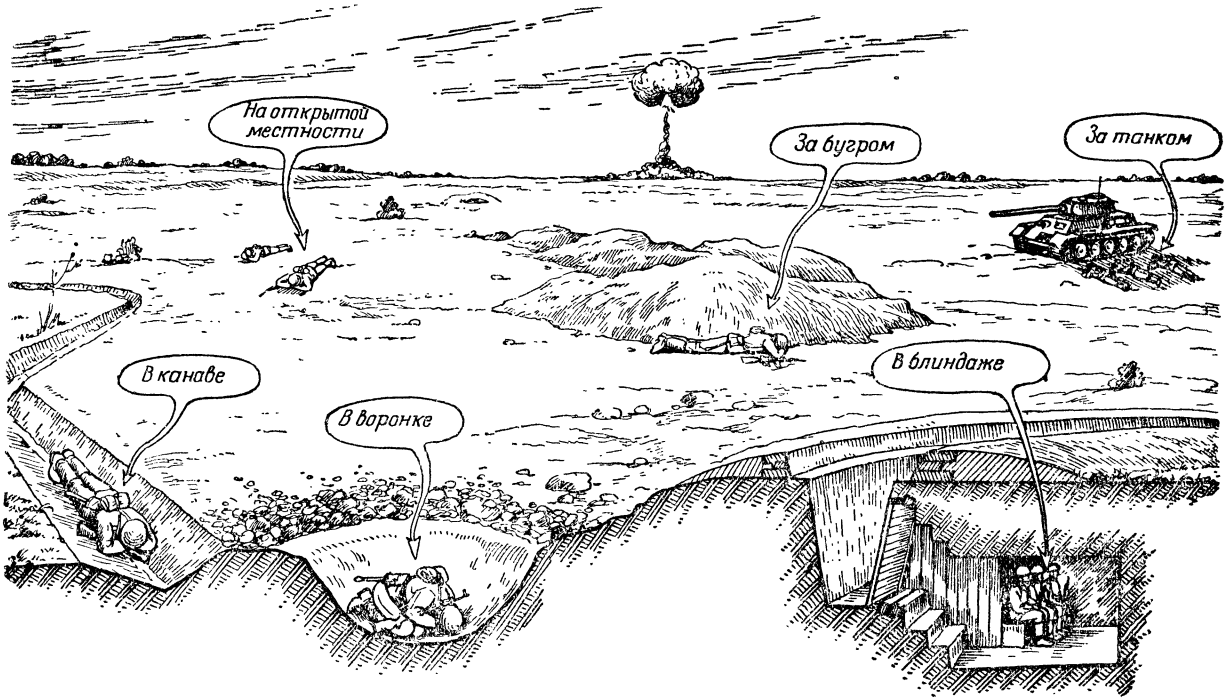


Рис. 85а. Увидев вспышку атомного взрыва, нужно немедленно занять ближайшее укрытие

Возможно ли вообще, увидев вспышку ядерного взрыва, защититься от него? Да, возможно, и для этого нужно знать боевые свойства ядерного оружия и в первую очередь его поражающие факторы. Для выбора надежных средств и способов противоатомной защиты важно знать, какой из поражающих факторов является основным, время его воздействия и скорость распространения в воздухе. Это поможет выбрать надежные укрытия для личного состава, а также принять меры защиты при взрыве атомных или водородных бомб.

Напомним, что основной фактор поражающего действия ядерного взрыва — ударная волна. Ударная волна хотя и распространяется со сверхзвуковой скоростью, все же на расстояние 1, 2 и 3 км она придет соответственно через 2—5—8 сек. Время ее воздействия на объекты, находящиеся на этом удалении, составляет около 1 сек. Световое излучение распространяется с очень большой скоростью. Поэтому все незащищенные объекты будут подвергаться воздействию светового излучения сразу же после взрыва, в течение 2—3 сек. Гамма-лучи — основная составляющая проникающей радиации — также будут действовать на различные объекты сразу после взрыва, но уже в течение примерно 10 сек.

Зная эти свойства поражающих факторов, можно выбрать и рекомендовать способы защиты людей, находящихся в момент взрыва вне убежищ. Рассмотрим такой пример.

Пусть человек в момент воздушного взрыва бомбы среднего калибра находится в точке O, на расстоянии 2 км от места взрыва (рис. 86). Рассмотрим воздействие на этого человека поражающих факторов ядерного взрыва. По горизонтальной оси будем откладывать время t (в секундах) с момента взрыва. Так как гамма-лучи и световое излучение распространяются в воздухе со скоростью около 300 тыс. км/сек., то незащищенный человек, находящийся на удалении 2 км, сразу после взрыва будет подвергаться воздействию светового излучения в течение 3 сек. и гамма-лучей — в течение 10 сек. Следовательно, за 3 сек. незащищенный человек воспримет всю энергию падающего на него светового излучения и за 10 сек. — всю суммарную дозу облучения.

Что же касается основного поражающего фактора — ударной волны, то она придет на это расстояние (2 км)

через 5 сек. с момента взрыва. Это очень важное обстоятельство, ибо отсюда вытекает правило, которое рекомендуется выполнять при ядерном взрыве: увидев вспышку взрыва, нужно быстро (в течение 1—2 сек.) занять укрытие (щель, траншею, воронку от взрыва снарядов или бомб). В этом случае доза гамма-лучей, энергия светового излучения и нагрузка от ударной волны, воспринятые человеком, будут значительно уменьшены. На рис. 86

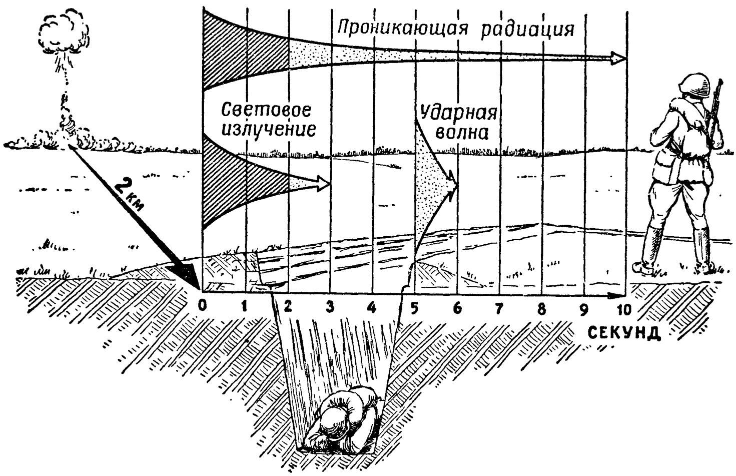


Рис. 86. График, характеризующий воздействие поражающих факторов воздушного атомного взрыва на человека

этому соответствует только заштрихованная площадь, характеризующая собой воздействие ядерного взрыва. Если же рядом нет укрытия, то лучше просто лечь лицом вниз, спрятав кисти рук под себя.

Чтобы скрыть расположение подразделений, затруднить противнику ведение воздушной и наземной разведки и уменьшить потери в случае атомного нападения, проводятся рассредоточение и маскировка войск. Маскировка достигается умелым использованием местности, ночного времени и плохой погоды, применением табельных и подручных маскировочных средств и дымов.

Кроме того, применение дымов для маскировки ослабляет также и воздействие светового излучения.

Как известно, воздействие солнечных лучей в туманный или облачный день значительно ослабляется, что объясняется рассеянием и поглощением непрозрачной атмосферой части светового излучения Солнца. Поэтому, если между местом взрыва атомной или водородной бомбы и какой-либо целью окажется слой облаков или тумана, то очевидно, что тепловой эффект ядерного взрыва уменьшится. При этом радиусы поражения световым излучением при густом тумане существенно снижаются. Например, при взрыве ядерной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т в ясный солнечный день люди, находящиеся вне укрытий, могут получить ожоги второй степени на удалении до 2000 м. Однако если при взрыве такой же бомбы над целью будет густой туман, то радиус поражения с 2000 м уменьшается до 700 м В связи с этим возникает вопрос о создании искусственных туманов и дымовых завес, которые способны уменьшить поражающее действие светового излучения. В этом случае для создания искусственных дымов может использоваться густой дым, образующийся при неполном сгорании жидкого или твердого топлива. Дымовые завесы из такого дыма высотой в несколько десятков метров (по плотности соответствующие густому туману) могут в два — три раза уменьшить радиусы поражения по световому излучению. Дымовые завесы могут применяться для уменьшения радиусов поражения войск в местах их сосредоточения, для уменьшения зон образования пожаров в населенных пунктах, военно-морских базах и лесных массивах. На рис. 87 показаны зоны поражения световым излучением при взрыве ядерной бомбы с тротиловым эквивалентом 20 тыс. т; окружность радиусом 4000 м — граница поражения в ясный день, окружность радиусом 1500 м — при использовании дымсвой завесы.

В качестве средств для постановки дымовых завес могут использоваться дымовые шашки и специальные дымовые машины и приборы. Искусственный туман может быть создан путем распыления воды с помощью специальных установок.

При постановке дымовых завес важно учитывать метеорологические условия в районе защищаемого объекта, температуру воздуха, ветер, наличие или отсутствие атмосферных осадков, которые во многом определяют высоту подъема дымового облака. При некоторых условиях

может случиться, что облако окажется выше точки взрыва атомной бомбы. В этом случае произойдет отражение световых лучей от облака, что в свою очередь повлечет усиление поражающего действия светового излучения.

Постановка дымовых завес над большими площадями, кроме ослабления действия светового излучения, позволяет также маскировать расположение и маневр войск и

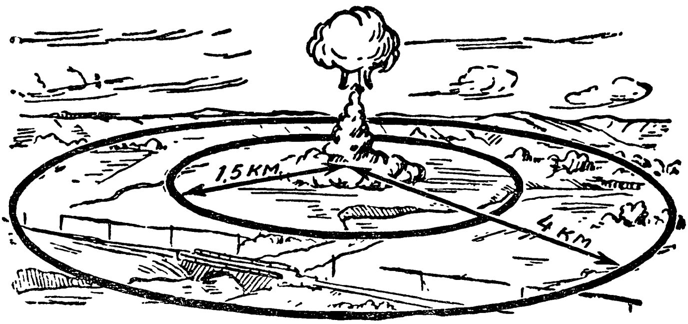


Рис. 87. Границы зон поражения световым излучением в ясный день (4 км) и при использовании дымовой завесы (1,5 км)

затруднять прицельное сбрасывание атомных бомб. Однако закрывать большие площади дымов на длительное время в ряде случаев может быть нецелесообразно, ибо это вызовет затруднения в деятельности войск.

Особенно важное значение в условиях применения атомного оружия приобретает маскировка. Для маскировки могут применяться сплошные невозгораемые покрытия (маски). Чтобы повысить сопротивляемость табельных масок действию ударной волны, их нужно усиливать контурными и внутренними тяжами, стойками. В целях увеличения стойкости масок против воздействия светового излучения могут применяться металлические сетки с вплетенными в них металлическими стружками, атмосфероустойчивой бумагой или тканью, обработанной огнезащитным составом. Маскировочные покрытия из подручных материалов (маты из камыша, хвороста, соломы и т. п.) нужно пропитывать или обмазывать глиняным раствором.

Для того чтобы резко ослабить или исключить вовсе действие ядерного взрыва на личный состав, вооружение, имущество, технику, необходимо произвести инженерное оборудование позиций, районов расположения подразделений с использованием защитных свойств местности. Инженерное противоатомное оборудование местности заключается в укреплении и приспособлении местности для боя.

Для своевременного обнаружения радиоактивных веществ, определения уровней радиации, обозначения на местности зараженных участков, отыскания обходов и предупреждения войск об опасности радиоактивного заражения служит радиационная разведка.

Радиационная разведка ведется во всех частях и подразделениях в любом виде боя непрерывно.

Чтобы восстановить боевую готовность войск после атомного нападения, производят ликвидацию его последствий. Ликвидация последствий атомного нападения включает: проведение спасательных работ, приведение в порядок техники, тушение пожаров, восстановление разрушенных или поврежденных оборонительных сооружений, линий связи, проведение санитарной обработки людей и ветеринарной обработки животных, а также дезактивацию обмундирования, снаряжения, оружия, техники и продуктов питания.

2. Коллективные и индивидуальные средства защиты

В условиях возможного применения ядерного оружия особо важное значение приобретают коллективные и индивидуальные средства защиты.

К коллективным средствам относятся перекрытые траншеи, ходы сообщения, окопы, блиндажи, щели, специальные убежища, различные подземные выработки и тоннели.

Основу инженерного оборудования местности составляют траншеи и ходы сообщения. Они создаются на исходном положении для наступления, в обороне, при закреплении в ходе боя важных рубежей. Траншеи и ходы сообщения необходимы для маневра силами и средствами, для ведения огня, они защищают от пуль, осколков, от поражения ударной волной, проникающей радиацией и световым излучением.

Чтобы повысить защитные свойства траншей и ходов сообщения, глубину их следует доводить до 1,5—1,8 м, а сверху устраивать покрытия. Покрытия делаются из жердей, накатника, бревен, уложенных вплотную друг к другу поперек траншеи или щели прямо на грунт и засыпанных сверху слоем земли толщиной до 50 см. В слабых грунтах стенки траншей укрепляются одеждой крутостей из досок, горбылей, жердей, хвороста или камыша. В

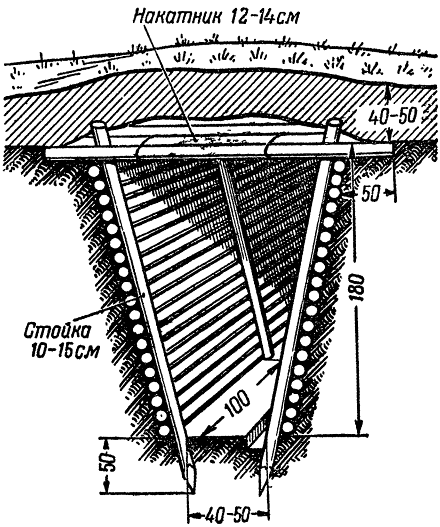


Рис. 88. Перекрытая траншея с одеждой крутостей

траншеях устраиваются брустверы и тыльные траверсы. Начертание траншей и ходов сообщения в плане должно быть не прямолинейным, а зигзагообразным, но без острых углов.

При ядерном взрыве возможно возгорание материалов, из которых возводятся инженерные сооружения. Поэтому одежду крутостей траншей и ходов сообщения, а также других укрытий необходимо летом обмазывать грунтом или глиной, а зимой — известью. Через каждые 20—30 м в одежде крутостей делаются противопожарные разрывы шириной до 2 м. Перекрытая траншея с одеждой крутостей показана на рис. 88.

В открытых участках траншей устраиваются ячейки для наблюдателей, площадки для пулеметов, ниши для боеприпасов, продовольствия, воды.

Около огневых позиций пулеметчиков зачастую устраиваются подбрустверные ниши (рис. 89) или подбрустверные блиндажи. В слабых грунтах стенки ниш крепятся жердями, досками, горбылями. Вход в нишу прикрывается щитом из жердей.

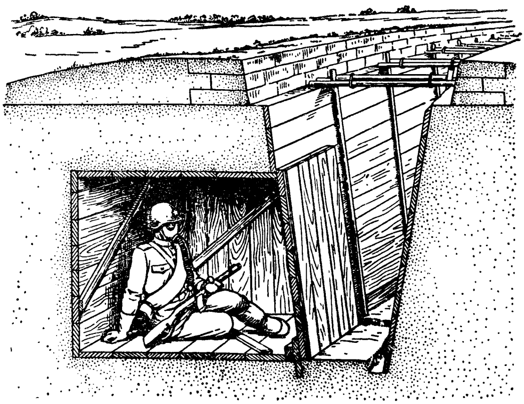


Рис. 89. Подбрустверная ниша

Наиболее надежными укрытиями для личного состава являются убежища (рис. 90). Они могут быть легкого и тяжелого типа и сооружаются из дерева и железобетона. В отдельных случаях убежища могут устраиваться с применением волнистой (гофрированной) стали.

Тяжелые убежища защищают личный состав от поражения ядерным оружием даже в том случае, когда они находятся в районе эпицентра воздушного взрыва. Такими защитными свойствами они обладают потому, что имеют прочную конструкцию, способную выдерживать большие нагрузки. Защита от проникающей радиации и светового излучения, как и от артиллерийских снарядов и бомб, достигается наличием прочного перекрытия и значительного по толщине слоя земли.

Работы по созданию убежищ выполняются с широким использованием средств механизации, заранее подготовленных элементов и конструкций. В убежищах люди

находятся без индивидуальных средств защиты, так как убежища имеют фильтро-вентиляционные устройства. Воздухозаборные отверстия оборудуются специальными противовзрывными клапанами, что исключает затекание ударной волны внутрь убежища. В крайнем случае выхлопные, всасывающие и другие отверстия оборудуются герметическими заслонками, котсрые перекрываются вручную.

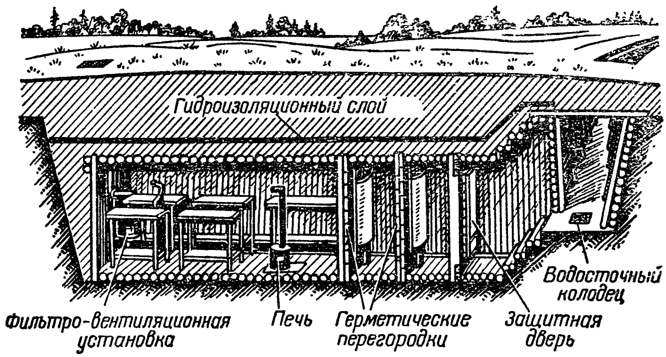


Рис. 90. Убежище легкого типа

Убежища имеют два выхода: основной — с тамбуром и защитной дверью и защитно-герметическими перегородками и запасный — в виде шахтного лаза. Герметизация входа в убежище нужна для того, чтобы не допустить попадания радиоактивных веществ внутрь убежища.

Коллективные средства противоатомной защиты резко уменьшают радиус поражения ядерным оружием. Чем прочнее сооружение, тем надежнее предохраняет оно от ядерного взрыва. Простейшие инженерные сооружения уменьшают радиус поражения в полтора — два раза, более прочные — в три раза и более.

На корабле для защиты от взрыва используются надстройки, артиллерийские башни, броневые щиты. В случае если вблизи нет ни укрытия, ни складки местности, нужно лечь на землю (палубу) лицом вниз. Лежа так, можно избежать поражения ударной волной или значительно ослабить его, а также предохранить лицо от ожогов. Кисти рук надо спрятать под себя, глаза закрыть, чтобы предохранить от возможной временной потери

зрения. Находясь в танке при вспышке ядерного взрыва, нужно закрыть, как мы указывали выше, люки и жалюзи; в кабине автомобиля — опуститься ниже ветрового стекла, чтобы избежать поражения осколками стекла и световым излучением; находясь в кузове, нужно лечь на его дно, а если лечь на дно нельзя, то согнуться. В боевой рубке корабля, увидев вспышку взрыва, нужно немедленно нагнуться, чтобы избежать ожогов от светового излучения.

Радиусы поражения ядерного взрыва вообще можно значительно уменьшить, если расположить личный состав в укрытиях, причем, как показано на рис. 91, чем прочнее сооружение, тем лучше оно защищает от взрыва. Если принять, что безопасное расстояние при воздушном взрыве для незащищенного человека составляет R, то люди, находящиеся в открытых траншеях полного профиля, не будут поражены уже на удалении $^2/_3R$. Траншеи, перекрытые бревнами и засыпанные пятидесятисантиметровым слоем земли, уменьшают радиус поражения уже в два раза, а блиндажи — в три раза. Наконец, люди, находящиеся в подземных прочных сооружениях на глубине более десяти метров, не поражаются вовсе даже в том случае, если это сооружение находится в эпицентре воздушного ядерного взрыва. Очевидно, такие укрытия служат достаточной защитой от всех видов поражающего действия ядерного взрыва.

Укрытия для боевой техники, огневых средств и имущества могут быть открытого или закрытого типа. Для огневых средств — пулеметных, гранатометных, минометных, орудийных, танковых — обычно устраиваются сооружения открытого типа.

Окопы для пулеметов или орудий отрывают с узким, широким или круговым сектором обстрела (рис. 91а). Для минометов окопы делают более углубленными.

Для танков и самоходно-артиллерийских установок при расположении их на позициях оборудуются окопы, которые включают площадку для ведения огня, укрытие для танков и блиндажи для экипажей (рис. 91б).

В выжидательных районах и районах сосредоточения для танков устраиваются укрытия с блиндажами для экипажей. Для автомобилей и тракторов устраивают укрытия котлованного типа с аппарелями для въезда и с блиндажами для водителей (рис. 91а). Различное

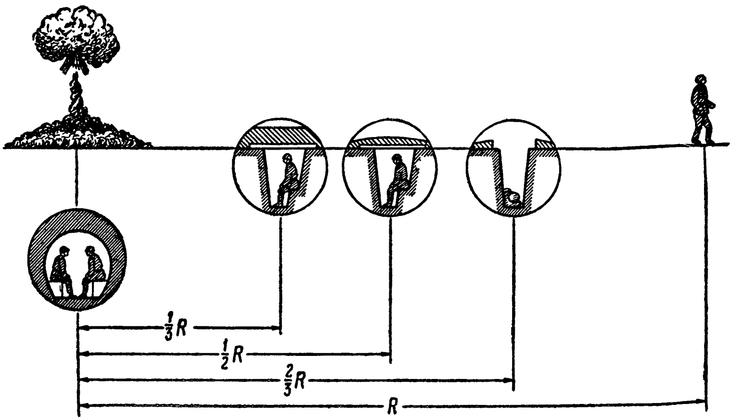


Рис. 91. Безопасные расстояния при атомном взрыве

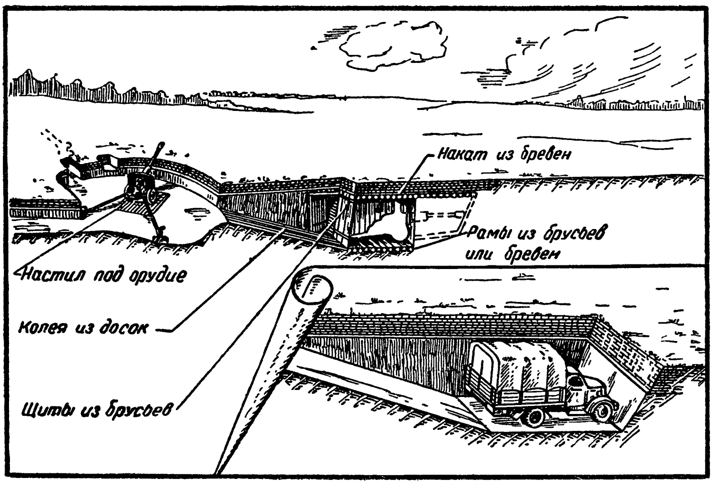


Рис. 91а. Окоп для орудия и укрытие для автомобиля, оборудованные в противоатомном отношении

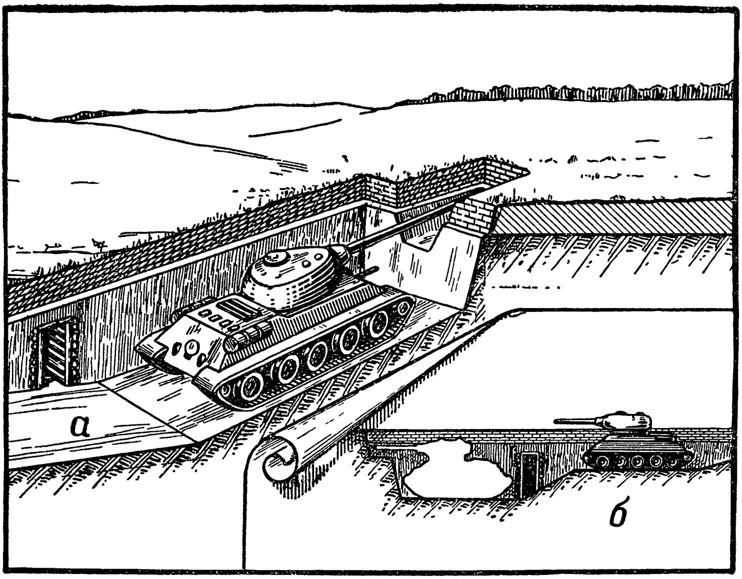


Рис. 91б. Укрытие (*а*) и оксп с укрытием (*б*) для танка (САУ). В боковсй стенке виден вход в подбрустверный блиндаж для экипажа

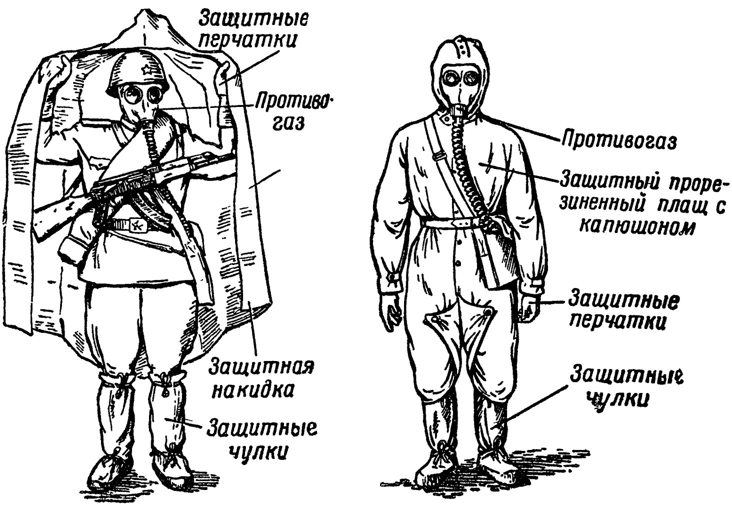


Рис. 91в. Индивидуальные средства противохимической защиты солдата (слева) и матроса (справа)

техническое имущество в упакованном виде укрывают в котлованных укрытиях.

Боеприпасы размещают в лощинах, оврагах или специальных укрытиях. Горюче-смазочные материалы хранятся в укрытиях котлованного типа. Емкости с горючим рекомендуется зарывать в землю, продовольствие, имущество лучше хранить в щелях.

Индивидуальные средства защиты подразделяются на табельные и подручные. Противогаз, защитный костюм, защитный комбинезон, защитная накидка, защитные чулки и перчатки составляют табельные индивидуальные средства защиты. На рис. 91в показаны индивидуальные средства защиты солдата и матроса.

Противогазы подразделяются на изолирующие и фильтрующие. В изолирующих противогазах кислород находится в специальном баллоне и по мере надобности подается непосредственно в дыхательные органы. Фильтрующий противогаз очищает зараженный воздух и полностью предохраняет от попадания отравляющих и радиоактивных веществ внутрь организма и на кожные покровы лица и головы.

Защитная накидка (или плащ-палатка), накидка-подстил, защитные чулки и перчатки, защитные комбинезоны, защитный костюм и защитный фартук предохраняют от попадания радиоактивных веществ на обмундирование, обувь, снаряжение, а также на открытые части тела.

При отсутствии табельных средств следует применять подручные. Носовой платок, полотенце, вата или марля, слегка смоченные водой из фляги или незараженного водоема, могут быть использованы для предохранения органов дыхания от попадания радиоактивных веществ внутрь организма. Защитные чулки можно заменить мешковиной, рогожей, ветошью. При залегании на местности можно подстилать маты, сделанные из незараженных радиоактивными веществами веток, соломы, камыша.

После преодоления зараженного участка противогаз и плащ-палатка снимаются только по приказанию командира. Снимать их нужно в строго определенном порядке. Встав лицом против ветра и держась за внутреннюю сторону накидки, необходимо сбросить ее с себя. После

этого нужно освободиться от чулок, а затем, находясь в противогазе, тщательно отряхнуть накидку, чулки и обмундирование. В последнюю очередь снимаются противогаз и перчатки. Использованные подручные средства направляются на дезактивационный пункт или, если они больше не нужны, закапываются в землю.

Табельные средства противохимической защиты после их применения должны подвергаться дозиметрическому контролю и дезактивации. Особое внимание необходимо уделять дезактивации и дозиметрическому контролю противогаза, так как со временем в его фильтрующем слое могут скопиться радиоактивные элементы, являющиеся источником вредных излучений.

3. Радиационная разведка и дозиметрический контроль

Ведение радиационной разведки. Одной из характерных особенностей поражающего действия радиоактивных веществ является невозможность обнаружения их излучений без дозиметрических приборов. Это объясняется, как уже отмечалось, тем, что радиоактивные излучения, воздействуя на наши органы чувств, не вызывают каких-либо ощущений. Сами же радиоактивные вещества, испускающие эти излучения, также не могут быть обнаружены, так как они, во-первых, не обладают какими-либо специфическими свойствами (цвет, запах, вкус) и, во-вторых, количество радиоактивных веществ даже при сильном заражении составляет ничтожные доли грамма на одном квадратном метре.

Эта особенность поражающего действия радиоактивных веществ чревата тяжелыми последствиями, если не принять меры по их своевременному обнаружению. Поэтому одним из основных мероприятий противоатомной защиты всех родов войск является радиационная разведка, а также дозиметрический контроль облучения и заражения. Следует подчеркнуть, что своевременное обнаружение зараженных участков и проведение дозиметрического контроля облучения и заражения создает возможность практически устранить потери личного состава, действующего на зараженной местности.

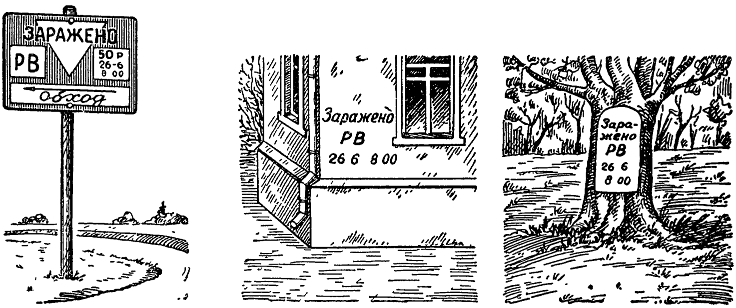
Радиационная разведка ведется непрерывно, днем и ночью, так как личный состав может подвергнуться радиоактивному облучению неожиданно и длительное время действовать на зараженной местности.

На радиационную разведку возлагается:

1) Обнаружение радиоактивнозараженных участков местности и своевременное предупреждение соответствующих командиров и начальников о наличии заражения.

2) Определение степени радиоактивного заражения участков и обозначение их границ путем установления знаков ограждения.

3) Отыскание направлений преодоления зараженного участка.



а б

Рис. 92. Знаки ограждения радиоактивнозараженных участков местности:

а — табельные знаки; *б* — обозначение участков местности при отсутствии табельных знаков

Степень заражения участка, ввиду наибольшей опасности поражения личного состава в результате внешнего облучения гамма-излучением, принято оценивать величиной уровня радиации гамма-излучения в рентген/час. Дозиметрические приборы, предназначенные для измерения уровня радиации в рентген/час, получили название рентгенометров. Кроме рентгенометров, для обнаружения радиоактивного заражения радиационной разведкой могут также использоваться простейшие дозиметрические приборы — индикаторы радиоактивности.

На рис. 92 показаны табельные знаки ограждения.

Обычно знаки ограждения устанавливаются на границе участка с уровнем радиации 0,5 рентген/час. Однако по указанию командира знаки ограждения могут устанавливаться также для обозначения участков с более высокими уровнями радиации.

При измерении уровней радиации следует иметь в виду, что величина уровня радиации зависит от времени, прошедшего после взрыва, и высоты измерения, поэтому на оградительных знаках всегда указывается время и день измерения, а само измерение уровней радиации для оценки степени заражения местности производится на высоте 0,7—1 м. На рис. 93 показано изменение уровня радиации гамма-излучения с высотой над поверхностью радиоактивно зараженного участка местности. Уровень радиации на высоте 0,7—1 м является примерно средним между уровнем на поверхности земли и уровнем на высоте роста человека, что позволяет с достаточной точностью судить о воздействии излучения на организм в целом.

Местные экранирующие предметы также оказывают заметное влияние на величину уровня радиации. В окопе уровень радиации меньше, чем на открытой местности, потому что стенки окопа заметно ослабляют излучение радиоактивных веществ, лежащих на открытой поверхности. Местные предметы: глыбы земли, камни, строения — также могут создавать ослабление уровней радиации. Все эти обстоятельства должны учитываться при проведении измерения уровней радиации.

При отсутствии табельных знаков зараженные участки обозначаются с помощью подручных средств (рис. 92, *б*).

Радиационная разведка ведется разведывательными дозорами.

Разведывательный дозор высылается для обследования района действия войск или отдельных направлений. Дозоры действуют, как правило, на бронетранспортере или автомобиле. В условиях высоких уровней радиации или труднопроходимой местности радиационная разведка может производиться на танках. Для ведения разведки в траншеях, ходах сообщения и в других оборонительных сооружениях могут использоваться пешие разведывательные дозоры. Разведка обширных районов и дорог

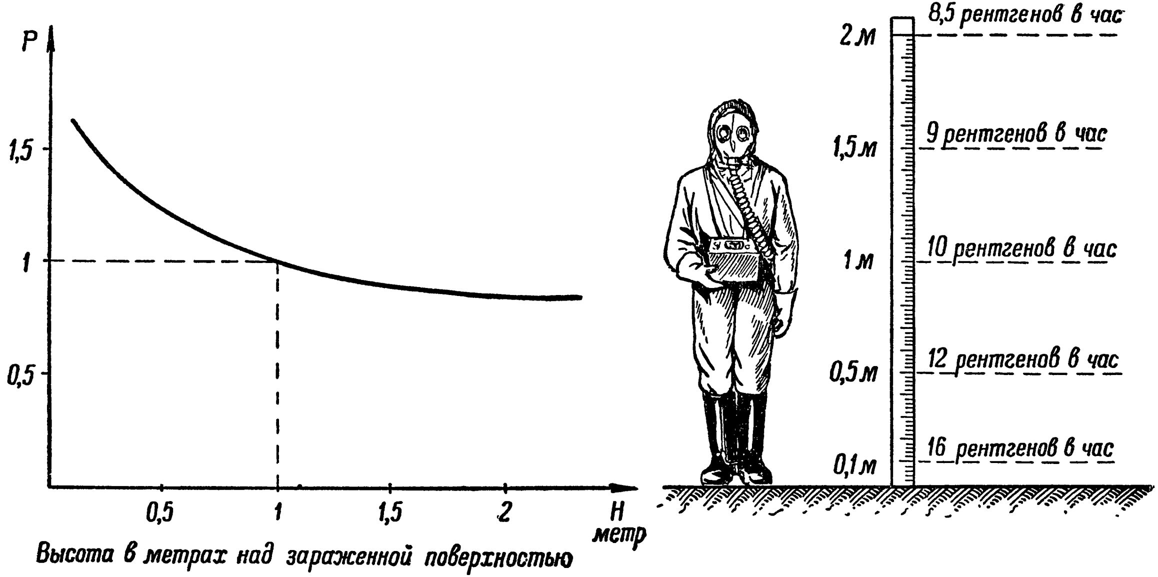


Рис. 93. Изменение величины уровня радиации гамма-излучения с высотой над поверхностью радиоактивнозараженного участка местности

Слева — график зависимости уровня радиации от высоты (уровень радиации на высоте 1 м принят равным 1). Справа — величина уровней радиации на различных высотах, в случае если уровень радиации на высоте 1 м равен 10 $\frac{\text{рентген}}{\text{час}}$

большой протяженности может вестись с самолетов (вертолетов).

Для радиационного наблюдения дозор использует рентгенометры. Во время движения один из разведчиков непрерывно наблюдает за показанием рентгенометра. На границе участка с уровнем радиации 0,5 рентген/час дозор устанавливает знак ограждения. Для измерения уровней радиации делается короткая остановка, уровни радиации измеряют не выходя из машины.

При разведке зараженных участков, занятых войсками, дозор измеряет уровни радиации в первую очередь в местах расположения личного состава.

Воздушная радиационная разведка местности проводится с помощью дозиметрических приборов, устанавливаемых внутри самолета или вертолета, путем последовательного облета участков местности по заданным маршрутам.

В силу значительной проникающей способности гамма-излучения в воздухе дозиметрические приборы, установленные на самолете, позволяют обнаруживать участки местности, зараженные гамма-активными веществами, на высотах, заметно превышающих минимальные безопасные высоты полета самолета (вертолета).

Максимальные высоты обнаружения зараженного участка ограничены теми высотами полета, где величина уровня радиации гамма-излучения становится соизмеримой с интенсивностью космического излучения. В то время как уровни гамма-излучения довольно быстро уменьшаются с высотой, интенсивность космического излучения, наоборот, заметно возрастает по мере подъема на высоту. Поэтому даже при использовании весьма чувствительных приборов максимально возможные высоты обнаружения очень сильных очагов заражения не превышают 1000 м.

Следует заметить, что такие данные радиационной обстановки, как величина уровня радиации у поверхности земли, границы зараженных участков, могут быть получены воздушной радиационной разведкой весьма ориентировочно. Дело в том, что авиационный дозиметрический прибор измеряет уровень гамма-излучения не у поверхности земли, а на высоте полета самолета (вертолета). Для суждения о величине уровня радиации у

поверхности земли по уровню радиации, измеренному на высоте, необходимо иметь данные о характере ослабления уровня радиации с высотой, то есть необходимо знать зависимость коэффициента ослабления уровня радиации от высоты полета.

Однако величина коэффициента ослабления уровня радиации зависит не только от высоты полета, но и от размеров зараженного участка, его конфигурации, характера заражения (равномерное, неравномерное) и других факторов. Все эти данные, кроме высоты полета, в процессе ведения воздушной разведки неизвестны, что может привести к большим ошибкам при определении коэффициента ослабления. Особо значительные ошибки в определении уровня радиации у поверхности земли могут быть в том случае, когда линейные размеры зараженности участка меньше высоты полета самолета. Поэтому для получения достоверных данных о «топографии» зараженной местности высота полета должна быть по возможности минимальной.

Недостатки воздушной радиационной разведки, связанные с трудностями получения подробных данных о радиационной обстановке у поверхности земли, вполне окупаются тем, что использование авиации позволяет произвести разведку на обширной площади за короткие промежутки времени.

Это весьма положительное качество воздушной радиационной разведки позволяет разумным образом спланировать и значительно ускорить проведение наземной разведки, а также своевременно принять необходимые меры по защите войск.

В ряде случаев воздушная разведка будет практически единственным средством выяснения радиационной обстановки. К ним относятся: разведка очагов очень сильного заражения (участки местности вблизи центров наземного и подземного атомных взрывов), разведка тыловых районов противника, которые оставляются им при наступлении наших войск, и т. д.

Дозиметрический контроль. Дозиметрический контроль является одним из мероприятий по защите личного состава от поражения радиоактивными веществами. Он подразделяется на контроль внешнего облучения и контроль заражения радиоактивными веществами.

Дозиметрический контроль внешнего облучения проводится для того, чтобы не допустить облучения личного состава выше допустимых норм. Он состоит в измерении доз облучения, получаемых личным составом при действии на радиоактивно зараженной местности, а также при проведении работ по дезактивации зараженной техники, оружия и имущества. Контроль внешнего облучения в полевых условиях проводится по дозам гамма-излучения. Необходимо отметить, что создание индивидуальных средств защиты (специальные накидки, костюмы и т. д.) от внешнего облучения гамма-лучами исключено, так как даже слой свинца толщиной 0,7 см ослабляет интенсивность гамма-излучения всего лишь в два раза. Поэтому основным мероприятием, предупреждающим поражение людей, действующих на местности, зараженной радиоактивными веществами, является соблюдение норм времени пребывания. При получении допустимой дозы человек должен быть изолирован от воздействия радиоактивных излучений. В силу небольшой проникающей способности бета-излучения возможность поражения людей в результате внешнего облучения этим излучением значительно меньше, чем гамма-излучением. В самом деле, бета-излучение практически полностью поглощается подошвами сапог, любыми металлическими экранами толщиной в несколько миллиметров, наконец, поток бета-частиц на высоте ладоней рук стоящего человека ослабляется по крайней мере в десять раз.

Контроль облучения принято подразделять на индивидуальный и групповой.

Индивидуальный контроль облучения проводится для определения доз облучения, полученных каждым человеком за время его действия на зараженной местности. Дозиметрические приборы, служащие для такого контроля, получили название индивидуальных дозиметров. Дозиметр измеряет суммарную дозу в рентгенах.

Групповой контроль проводится в тех случаях, когда личный состав подразделения действует примерно в одних и тех же условиях и, следовательно, получает примерно одну и ту же дозу облучения.

Для измерения доз при групповом контроле могут использоваться рентгенометры и индивидуальные дозиметры.

При применении рентгенометра его устанавливают в район расположения личного состава в точке с наибольшим уровнем радиации.

Величина дозы облучения в случае постоянного уровня радиации определяется по формуле $Д = P \cdot t$, где P — уровень радиации гамма-излучения в рентген/час; t — время пребывания людей на зараженном участке в часах.

Если уровень радиации переменный (например, при преодолении зараженного участка с различными уровнями радиации), то в формулу необходимо подставлять величину среднего уровня радиации.

При использовании для группового контроля индивидуальных дозиметров они выдаются двум — трем солдатам. По показаниям дозиметров определяется средняя доза облучения, полученная всем личным составом.

Дозиметрический контроль радиоактивного заражения проводится для принятия своевременных мер защиты от попадания радиоактивных веществ внутрь организма или на открытые участки тела. Внутреннее облучение, как уже отмечалось, происходит в тех случаях, когда вещества, испускающие радиоактивные излучения, попадают в организм в результате заглатывания и вдыхания радиоактивно зараженной пыли, воды и т. д. Нужно помнить, что радиоактивные вещества, распределенные по поверхности какого-либо предмета, могут быть совершенно безопасны с точки зрения внешнего облучения, но опасны при непосредственном соприкосновении человека с зараженной поверхностью, так как при этом всегда создается возможность попадания радиоактивных веществ внутрь организма. Поэтому боевая техника и другие зараженные предметы при удалении их с радиоактивно зараженной местности опасны для человека, если не приняты соответствующие меры предосторожности.

При дозиметрическом контроле заражения производится измерение степени загрязнения (заражения) радиоактивными веществами различных поверхностей и объемов. На радиоактивно зараженной местности практически наиболее опасными при попадании внутрь организма являются бета-активные вещества. Поэтому степень заражения оценивается по бета-активным веществам.

Единицей количества радиоактивного вещества, как известно, является кюри. Следовательно, единицами степени заражения поверхностей и объемов должны были бы соответственно служить:

$$кюри/см^2, \quad кюри/литр, \quad кюри/см^3 \text{ и т. д.}$$

Однако кюри является весьма большой единицей количества радиоактивного вещества.

Поэтому при определении степени загрязнения одежды, поверхности тела человека, поверхности боевой техники, воды, воздуха и т. д. количество радиоактивного вещества измеряют количеством распадов атомов за минуту (1 распад/мин $= 4{,}5 \cdot 10^{-13}$ кюри). При таком выборе единиц степень заражения поверхности измеряется количеством распадов атомов/$см^2$мин, жидкостей — распадов атомов/$см^3$мин и т. д.

Приборы, служащие для определения степени заражения (загрязнения), получили название радиометров.

Дозиметрический контроль заражения проводится, как правило, после выхода личного состава из зараженной зоны, а также при проведении полной санитарной обработки и дезактивации.

Контроль заражения проводится химиками-разведчиками, которые определяют степень заражения радиоактивными веществами всего личного состава, вооружения, техники и имущества. Если измерения показывают, что степень заражения выше допустимых норм, то люди подвергаются санитарной обработке, а оружие, техника, имущество и продовольствие — дезактивации.

4. Полевые дозиметрические приборы

В табл. 32 приведены основные типы дозиметрических приборов, используемые для измерения в полевых условиях. В качестве воспринимающих устройств в этих приборах используются ионизационные камеры или газовые счетчики. Все приборы, за исключением индикатора, имеют батарейное питание.

Остановимся более подробно на устройстве и применении каждого из этих приборов.

Таблица 32

Общая характеристика полевых дозиметрических приборов

№ по пор.	Тип прибора	Воспринимающее устройство	Основное назначение прибора	Измеряемая величина	Единица измерения	Основные измерения
1	Индикатор радиоактивности	Газоразрядный счетчик	Обнаружение радиоактивности	Уровень радиации	$\frac{\text{Рентген}}{\text{час.}}$	По гамма-излучению
2	Рентгенометр	Ионизационная камера	Оценка степени заражения местности	То же	То же	То же
3	Дозиметр	То же	Контроль внешнего облучения	Доза облучения	Рентген	„
4	Радиометр	Газоразрядный счетчик	Контроль заражения (загрязнения) различных поверхностей, объемов	Степень заражения	$\frac{\text{Распад}}{\text{мин. см}^2}$ $\frac{\text{Распад}}{\text{мин. литр}}$ и т. д.	По бета-излучению

Индикатор радиоактивности. Индикатор радиоактивности — простейший полевой дозиметрический прибор, предназначенный для обнаружения радиоактивного заражения местности путем оценки мощности доз гамма-излучения. Начало индикации гамма-излучения находится в пределах от 0,05 до 0,5 рентген/час. Кроме того, прибор позволяет обнаруживать наличие бета-излучения.

Основными частями прибора являются: газовый счетчик типа СТС-5, генератор тока ручного электро-динамического фонаря, две неоновые лампы, лампа стабилизатора напряжения (красная) и индикаторная лампа (белая).

Прибор переносится в сумке на ремне через плечо. Вес прибора не более одного килограмма. На рис. 94 показан внешний вид прибора. На нижней стенке корпуса прибора имеется окно из тонкого целлулоида, предназначенное для доступа бета-частиц к газовому счетчику. При индикации гамма-излучения окно закрывается металлическими дверцами.

Для включения индикатора необходимо привести в действие генератор тока путем периодического нажатия на его ручку. Частота нажатия на ручку выбирается такой, чтобы получить непрерывное свечение лампы стабилизатора напряжения, что соответствует нормальному режиму работы прибора.

При воздействии гамма-излучения на счетчик в его цепи появляются импульсы тока, которыми заряжается

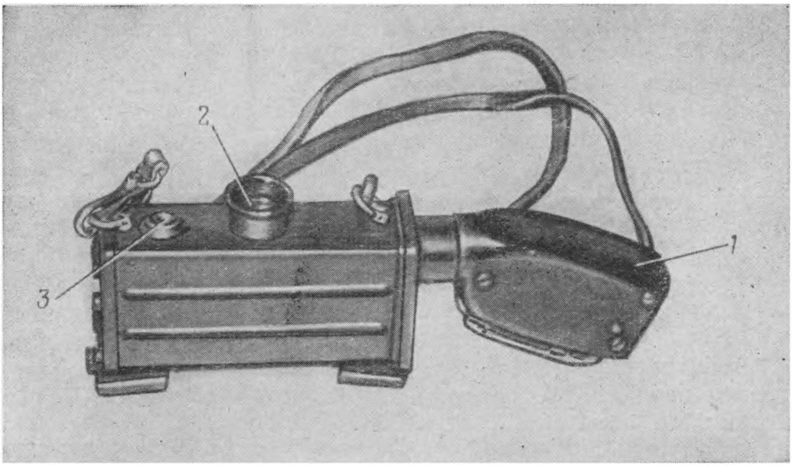


Рис. 94. Внешний вид индикатора радиоактивности:
1 — генератор; *2* — неоновая лампа индикатора; *3* — неоновая лампа стабилизирующей цепи

накопительный конденсатор. Параллельно накопительному конденсатору присоединяется индикаторная неоновая лампа. Когда напряжение на конденсаторе достигает величины, равной потенциалу зажигания неоновой лампы, последняя вспыхивает и ее сопротивление становится малым. В результате этого конденсатор быстро разряжается и возвращается в первоначальное положение. Чем больше интенсивность излучения, тем больше частота импульсов тока. С увеличением частоты импульсов тока время зарядки конденсатора уменьшается, что приводит к увеличению частоты вспышек индикаторной лампочки. Параметры схемы подобраны так.

чтобы отдельные периодические вспышки индикаторной лампы появлялись при уровнях радиации в пределах 0,05—0,5 рентген/час. При уровнях радиации больше 0,5 рентген/час. частота вспышек ламп настолько увеличивается, что отдельные периодические вспышки сливаются в непрерывное свечение.

Для контроля заражения местности бета-активными веществами необходимо открыть дверцы, закрывающие окно в нижней стенке кожуха прибора, а сам прибор приблизить к поверхности земли на расстояние 20—30 см. Изменение частоты вспышек индикаторной лампы при закрытом и открытом окне свидетельствует о наличии бета-излучения. Необходимо иметь в виду, что при открытом окне прибор реагирует на суммарную интенсивность β, γ-излучения.

Полевой рентгенометр. Полевой рентгенометр является основным прибором наземной радиационной разведки. Он предназначен для измерения уровней радиации гамма-излучения в пределах 0,04—400 рентген/час. Кроме того, прибор позволяет ориентировочно оценивать уровни радиации β-излучения. Диапазон измерений прибора разделен на четыре поддиапазона. На рис. 95 показан внешний вид прибора. Вес прибора около 6,7 кг. Прибор обслуживается одним человеком, который переносит его на ремнях.

Прибор состоит из воспринимающего устройства (ионизационная камера), электронного усилителя, микроамперметра, шкала которого нанесена на панель прибора, и источников питания (батареи). Все элементы монтируются в металлическом кожухе прибора. В днище кожуха (под ионизационной камерой) имеется окно, закрытое металлической крышкой. Последняя откидывается при оценке уровня радиации β-излучения. Камера состоит из внешнего электрода — цилиндрической пластмассовой коробки, являющейся корпусом камеры, и внутреннего электрода Т-образной формы. К электродам камеры прикладывается напряжение около 300 вольт. Объем камеры заполняется воздухом и герметически изолируется от окружающего пространства.

При отсутствии излучения электрического тока в цепи электродов нет, так как воздух, заполняющий пространство между ними, является хорошим изолятором. При появлении ионизирующего излучения в воздушном

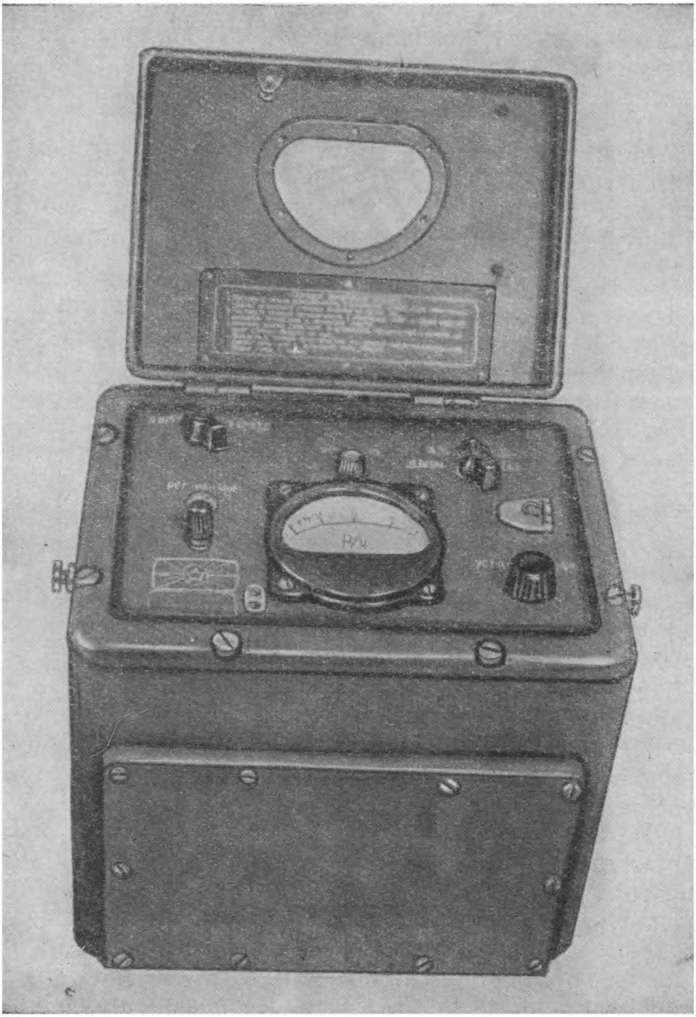


Рис. 95. Внешний вид полевого рентгенометра с открытой крышкой

пространстве возникают ионы, причем положительно заряженные ионы двигаются под действием электрического поля к катоду (внутренний электрод), отрицательные ионы — к аноду (внешний электрод). Направленное движение ионов является причиной появления тока в цепи камеры. Величина силы тока пропорциональна мощности дозы.

Между внутренним электродом и изолятором ставится так называемое охранное кольцо, которое предохраняет этот электрод от токов утечки по изолятору. Токи утечки всегда направлены в ту же сторону, что и

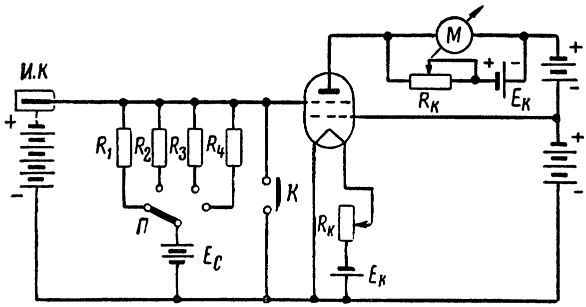


Рис. 96. Упрощенная электрическая схема рентгенометра

ионизационный ток, и могут привести к завышению показаний.

Поскольку бета-частицы имеют небольшую проникающую способность, в стенке камеры имеется окно, прикрытое тонкой алюминиевой фольгой.

Величина ионизационного тока даже при больших уровнях радиации составляет миллиардные доли ампера, поэтому для измерения его необходимо предварительно усилить. Для этих целей в цепь катода включается высокоомное нагрузочное сопротивление, падение напряжения на котором подается к сетке усилительной лампы. В анодную цепь лампы включен микроамперметр, шкала которого отградуирована в рентген/час. На рис. 96 показана упрощенная электрическая схема рентгенометра. Смена поддиапазонов осуществляется путем ступенчатого изменения сопротивления нагрузки в цепи камеры. На первом (наиболее чувствительном) поддиапазоне вели-

чина этого сопротивления составляет $47 \cdot 10^9$ ом, на следующих поддиапазонах соответственно в 10, 100 и 1000 раз меньше. Переключение сопротивлений осуществляется переключателем поддиапазонов П, ручка которого выведена на переднюю панель. Контакт К, вынесенный также на переднюю панель, служит для проверки установки нуля в зараженной зоне. При его нажатии нагрузочное сопротивление замыкается накоротко, и поэтому ионизационный ток не создает на нем падения напряжения.

Для усиления ионизационного тока используется специальная электронная лампа, которая получила название электрометрической. Электрометрические лампы имеют ряд особенностей:

1) анодное напряжение не превышает 8—10 вольт;

2) между управляющей сеткой и катодом установлена так называемая катодная сетка, которая способствует улучшению усилительных свойств лампы при низких анодных напряжениях;

3) очень большое сопротивление утечки между электродами (до $10^{15}\,\Omega$).

Все эти особенности позволяют резко уменьшить величину минимального тока, который может быть надежно измерен. У обычных ламп такой ток составляет 10^{-9} — 10^{-10} ампера, а у электрометрических ламп — до 10^{-14} ампера.

Полевой рентгенометр, как и все полевые дозиметрические приборы, предназначен для относительных измерений, то есть он может быть использован лишь после градуировки. В качестве эталонного гамма-источника используется обычно изотоп Co^{60}. Методика градуировки проста. Для данной активности источника значение уровней радиации гамма-излучения на определенных расстояниях от него при использовании изотопа Co^{60} можно определить по формуле

$$P = \frac{1,35Q}{R^2} \text{ рентген/час,}$$

где Q — активность источника в кюри, оцениваемая на день проведения градуировки;

R — расстояние от источника в метрах.

При градуировке обычно проверяется соответствие показаний прибора истинному уровню радиации в трех

точках шкалы: в начале, середине и конце каждого поддиапазона. Расстояние от источника, которому соответствует заданный уровень радиации P, находится по формуле $R = \sqrt{\frac{1,35Q}{P}}$. Прибор устанавливается дном к источнику, так, чтобы расстояние от источника до центра камеры (расположение ее центра отмечено знаком +) было равно R. Если на самом чувствительном поддиапазоне показание прибора не совпадает с расчетным значением P, соответствующим середине шкалы, то производится регулировка чувствительности прибора. На других поддиапазонах проверяется только соответствие показаний расчетным значениям величины P.

Перед проведением измерений необходимо проверить напряжение накала и установку нуля. Порядок подготовки прибора написан на крышке, прикрывающей переднюю панель прибора.

При измерении уровней радиации прибор обычно помещается на высоте 0,7—0,1 м от поверхности земли; этой высоте, как уже указывалось, соответствует средняя величина уровня радиации для стоящего на земле человека. При подходе к зараженной зоне прибор включается на самый чувствительный поддиапазон. Если измерение не удается произвести, включается следующий поддиапазон и т. д. Для того чтобы своевременно произвести замену источников питания и тем самым быть уверенным в том, что рентгенометр во время работы не выйдет из строя, нужно вести учет времени, в течение которого прибор находится во включенном состоянии.

Для оценки уровня радиации гамма-излучения необходимо в днище кожуха прибора открыть дюралевую крышку, при этом бета-частицы попадают в камеру без заметного поглощения. Разность показаний прибора при открытой и закрытой крышке, умноженная на число 10, дает величину уровня радиации гамма-излучения в рентген/час.

С помощью прибора можно также установить, заражена ли местность радиоактивными веществами в точке измерения. Для этого следует открыть крышку в днище и приблизить прибор к земле; если местность заражена радиоактивными веществами, то показания прибора возрастут в несколько раз.

Полевой индивидуальный дозиметр. Прибор предназначен для индивидуального контроля внешнего гамма-облучения личного состава, находящегося на зараженной местности. В комплект прибора входят малогабаритные ионизационные камеры и зарядно-измерительный пульт (рис. 97).

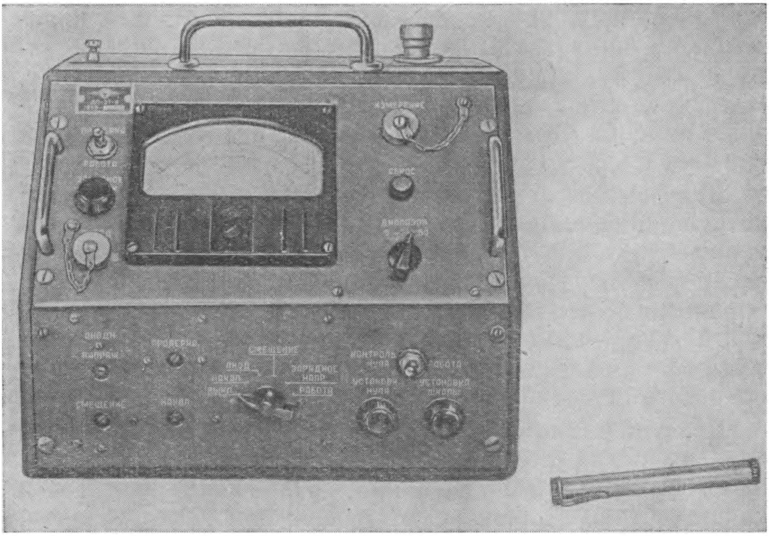


Рис. 97. Внешний вид индивидуального дозиметра и зарядно-измерительного пульта

Прибор с помощью одних и тех же ионизационных камер позволяет измерять дозу от 0 до 5 рентген (первый поддиапазон) и от 0 до 50 рентген (второй диапазон). Вес отдельной камеры составляет около 15 г. С целью повышения удобства пользования такая камера выполняется в форме авторучки и носится в кармане гимнастерки.

Малогабаритная ионизационная камера представляет собой алюминиевый цилиндр (внешний электрод), по оси которого установлен алюминиевый стержень (внутренний электрод). Внутри камеры установлен конденсатор, одна из обкладок которого соединена с цилиндром, дру-

гая — с алюминиевым стержнем. Работа камеры состоит в следующем. С помощью зарядно-измерительного пульта конденсатор камеры заряжается до определенного напряжения. При воздействии на камеру гамма-излучения в ее рабочем объеме образуются ионы, которые, двигаясь к электродам, создают ток, уменьшающий заряд конденсатора. Уменьшение заряда и, следовательно, напряжения пропорционально дозе излучения в точке нахождения камеры. Измеряя с помощью зарядно-измерительного пульта оставшееся на камере напряжение, можно оценить величину дозы. Шкала электроизмерительного прибора пульта градуируется непосредственно в рентгенах.

Вследствие неизбежных токов утечки конденсатор камеры подвержен саморазряду. Поэтому зарядку камер и выдачу их личному составу желательно производить перед самым выходом в район зараженного участка; обращаться с камерами следует осторожно. Попадание влаги внутрь камеры может способствовать увеличению ее саморазряда, поэтому камеру по возможности следует оберегать от воздействия влаги и дождя.

Полевой радиометр. Полевой радиометр предназначен для измерения степени заражения бета-, гаммаактивными веществами поверхностей различных объектов и почвы, а также для оценки степени заражения воздуха, продовольствия и воды. Кроме того, прибор позволяет измерять слабые уровни радиации гамма-излучения в миллирентгенах в час. Степень заражения поверхностей оценивается по числу распадов на 1 $см^2$ за минуту. Диапазон измерений по бета-заражению от 150 до 1 млн. распад/$см^2$мин, по гамма-излучению — от 0,03 до 20 миллирентген/час. Весь диапазон измерений разбит на два поддиапазона, устанавливаемые переключателем на пульте.

Во избежание порчи прибора и больших погрешностей следует избегать работать с ним при большой интенсивности излучения; основное назначение прибора — контроль заражения различных предметов при выходе из радиоактивно зараженной местности.

Радиометр состоит из двух блоков (рис. 98): пульта управления и зонда. Кроме того, в комплект прибора входит головной телефон. Вес прибора 5,5 кг.

В качестве воспринимающего устройства используется газовый счетчик СТС-5, расположенный в головке зонда. Он состоит из стального цилиндра (катода), вдоль оси которого натянута тонкая металлическая нить, являющаяся анодом. Пространство внутри счетчика заполнено одноатомным газом (аргон) с примесью многоатомного газа (галогены). К электродам приложено высокое напряжение (400 в) от высоковольтного генератора.

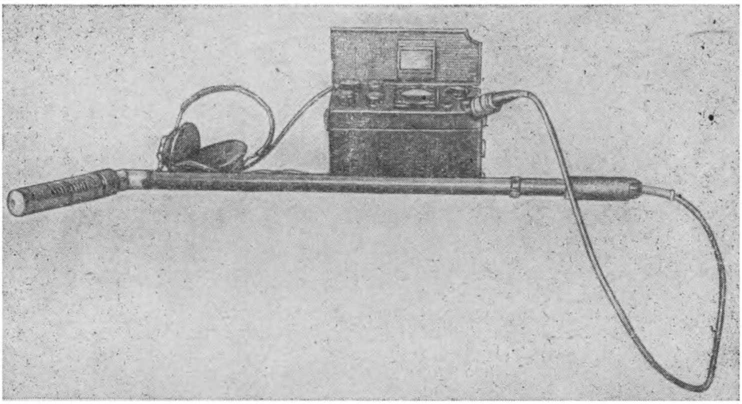


Рис. 98. Внешний вид полевого радиометра

В отличие от ионизационной камеры счетчик работает в режиме газового усиления: если при прохождении гамма-кванта или бета-частицы в счетчике образуется хотя бы одна пара ионов, то в нем возникает электрический разряд, в результате чего на нагрузочном сопротивлении в цепи анода возникает импульс напряжения. Время существования разряда около 10^{-4} сек, после прекращения разряда счетчик готов к регистрации следующей частицы. Количество импульсов напряжения в цепи счетчика за одну минуту пропорционально интенсивности излучения и, следовательно, степени заражения поверхности, над которой помешен счетчик. После усиления импульсов они преобразуются в постоянный ток, сила которого пропорциональна числу частиц, зарегистрированных за одну минуту. Величина силы тока измеряется с помощью микроамперметра, шкала которого вынесена

на панель прибора (рис. 99). На крышке прибора имеется градуировочная таблица, с помощью которой показания микроамперметра могут быть переведены в распад/мин.см² (шкала $Б_1$ или $Б_2$ градуировочной таблицы), а при измерении гамма-излучения — в миллирентген/час (шкала Г).

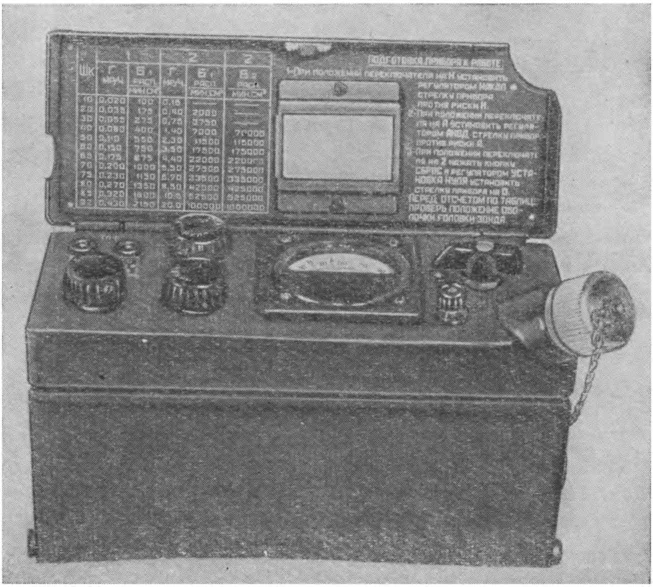


Рис. 99. Пульт полевого радиометра

Зонд прибора состоит из головки и ствола. Головка, сочлененная со стволом с помощью поворотного шарнира, может иметь два положения: прямое (ствол и головка составляют одну прямую) и угловое, как показано на рис. 98. Головка включает в себя держатель для крепления счетчика, герметичный чехол с прорезями, заклеенными тонкой алюминиевой фольгой, и поворотную оболочку из алюминия толщиной 4,6 мм. Последнюю можно поворачивать и фиксировать в определенных положениях, обозначенных на головке зонда (рис. 100).

При измерении слабого заражения поворотная оболочка устанавливается в положение $Б_1$ (в этом случае

через прорези видна фольга, окрашенная в фиолетовый цвет). При измерении относительно сильного β-заражения головка зонда устанавливается в положение $Б_2$. В данном случае бета-частицы могут проходить к счетчику беспрепятственно только через одну узкую прорезь.

При гамма-измерениях поворотная оболочка устанавливается в положение Г. В этом случае счетчик закрыт экраном из алюминия толщиной 4,6 мм. Такой экран полностью поглощает бета-частицы, в то же время практически не ослабляет γ-излучение.

На рис. 101 показана упрощенная электрическая схема прибора. Она состоит из газового счетчика, высоковольтного генератора для питания счетчика, усилителя-ограничителя, измерителя частоты следования импульсов лампового вольтметра.

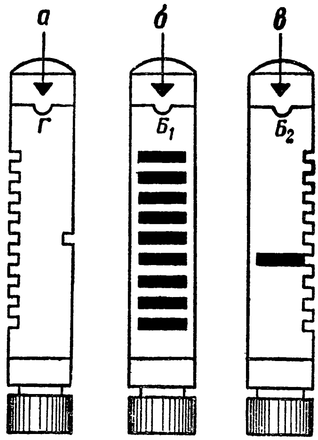


Рис. 100. Головка зонда

а — измерение гамма-излучения, *б* — слабого бета-заражения; *в* — сильного бета-заражения

Импульсы напряжения, снимаемые с нагрузочного сопротивления в цепи счетчика $R_н$, через разделительный конденсатор C поступают на сетку лампы $Л_1$, являющейся усилителем-ограничителем. В анодную цепь этой лампы включается головной телефон (ТЛФ) и первичная обмотка трансформатора Т. Усиленные и ограниченные по амплитуде импульсы через трансформатор Т подаются на диодную часть лампы $Л_2$. В цепь диода включен усредняющий контур C_0R_0, назначение которого получить постоянное напряжение, пропорциональное частоте следования импульсов. Напряжение с усредняющего контура поступает на ламповый вольтметр, имеющий усилительную лампу (правая часть лампы $Л_2$), в анодную цепь которой включен микроамперметр А. Если провести градуировку прибора, то по изменению анодного тока лампы можно будет определить число импульсов, создаваемых счетчиком за единицу времени, и тем самым степень заражения исследуемой поверхности.

Усредняющий контур состоит из параллельно вклю-

ченных сопротивления R_0 и конденсатора C_0. Разряды в счетчике чередуются не через равные интервалы, а распределены во времени случайно (соответственно статистическому характеру радиоактивного распада). Поэтому вследствие случайного «скучивания» импульсов напряжение на усредняющем контуре будет колебаться около среднего значения. Эти колебания (флюктуации) будут отмечаться стрелкой микроамперметра, и они тем больше, чем меньше число импульсов в единицу времени

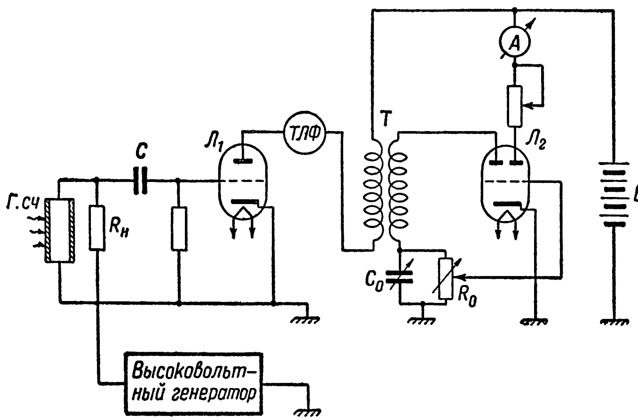


Рис. 101. Упрощенная электрическая схема полевого радиометра

и постоянная времени контура. Большие флюктуации недопустимы, так как они затрудняют отсчет показаний прибора. Однако постоянную времени чрезмерно нельзя увеличивать, так как она определяет время установления показаний прибора, которое на первом диапазоне равно 1 мин., на втором оно меньше и составляет 0,5 мин. Это различие объясняется тем, что на втором диапазоне измеряются излучения большой интенсивности, следовательно, число импульсов, создаваемых источником, больше и поэтому постоянная времени при одних и тех же флюктуациях стрелки может быть меньше. Изменение постоянной времени достигается путем изменения сопротивления R_0 и емкости C_0 усредняющего контура при переключении поддиапазонов.

Для подготовки прибора к измерениям необходимо:

1) Пульт управления с помощью ремней установить на груди так, чтобы было удобно наблюдать за показанием прибора.

2) Соединить разъемы от зонда и головных телефонов с пультом (в ночное время включить подсветку шкалы прибора).

3) Проверить режим питания в нуль прибора (порядок проверки прибора указан на крышке пульта).

Признаками, характеризующими исправность прибора, является прослушивание в телефонах легкого звукового тона, созданного работой высоковольтного генератора, и появление редких щелчков в телефонах вследствие воздействия естественных радиоактивных излучений и космических частиц (при отсутствии заражения отклонение стрелки прибора не должно превышать 8—10 делений на первом диапазоне). Для более полной проверки работоспособности можно воспользоваться контрольным препаратом, который входит в комплект прибора.

При проведении измерений зонд берется в руки и его головка подносится к зараженной поверхности на расстоянии 1—1,5 см. Головка зонда не должна соприкасаться с зараженной поверхностью, так как это может вызвать ее загрязнение радиоактивными веществами.

Как уже отмечалось, прибор имеет относительно большое время установления показаний, что может приводить к большим затратам времени на процесс измерения. Для ускорения контроля заражения целесообразно пользоваться телефонами. Телефоны регистрируют отдельные импульсы напряжения в виде щелчков, которые воспринимаются органами слуха практически без запаздывания. Использование телефонов позволяет быстро обнаруживать места с относительно сильным заражением, что значительно ускоряет процесс контроля заражения объектов, имеющих большую поверхность (танк, самолет).

Довольно часто измерение степени заражения может производиться при значительном гамме-фоне. Этот фон может создаваться гамма-излучением, испускаемым с участков, находящихся на значительном удалении от участка поверхности, к которому поднесен счетчик. Например, при измерении степени заражения поверхности

на прибор внутри самолета будет воздействовать гамма-излучение, испускаемое радиоактивными веществами, которыми заражены крылья, хвостовое оперение и т. д.

В силу большой проникающей способности гамма-излучения исключить его воздействие на счетчик невозможно. Поэтому определение степени заражения производится путем двух измерений:

1) измерения суммарного потока бета-частиц и гамма-квантов (поворотная оболочка в положении $Б_1$ или $Б_2$);

2) измерения только одного потока гамма-квантов (поворотная оболочка в положении Г). По разности первого и второго измерений делается заключение о степени заражения поверхности.

Если гамма-фон мал (составляет 0,1 от суммарного бета- и гамма-излучения), производится только одно первое измерение.

Как уже указывалось, пользование радиометром в пределах зараженной зоны на открытой местности невозможно вследствие его большой чувствительности. В таких случаях для проведения радиометрических измерений необходимо брать пробы или использовать защитные свойства полевых сооружений (блиндажи, землянки). При проведении бета-измерений внутри сооружений необходимо также учитывать фон, который зараженная местность создает внутри сооружений.

Измерение зараженности продуктов питания может производиться либо непосредственно путем измерения заражения поверхности продуктов, либо путем взятия проб. По результатам измерения пробы определенного веса находится зараженность на один грамм данного продукта. Степень заражения воды может определиться путем погружения головки зонда в воду. На головку зонда в этом случае надевается тонкий резиновый чехол, предохраняющий ее от заражения радиоактивными веществами, находящимися в воде. По результатам измерений находится зараженность на один литр воды.

Градуировка прибора может производиться по эталонному точечному источнику гамма-излучения (C_0^{60}) или по эталонным источникам бета-излучения, которые представляют собой пластины определенного размера с различной степенью заражения.

Градуировка по гамма-излучателю производится в той же последовательности, что и для рентгенометра. Установлено, что прибор, отградуированный по гамма-излучению, обеспечивает удовлетворительную точность измерения бета-зараженности.

5. Санитарная обработка и дезактивация

Удаление радиоактивных веществ с кожных покровов и со слизистых оболочек глаз, носа и рта у людей называется санитарной обработкой, а удаление радиоактивных веществ у животных — ветеринарной обработкой. Дезактивация — это удаление радиоактивных веществ с оружия, техники, имущества, оборонительных сооружений, местности, а также из воды, продовольствия и фуража.

Санитарная обработка и дезактивация проводятся обычно только в том случае, если зараженность превышает допустимые нормы. Если установить действительную степень заражения по каким-либо причинам не удается, то санитарная обработка и дезактивация проводятся в целях профилактики. Во всех случаях санитарная обработка и дезактивация проводятся не в ущерб выполнению боевой задачи.

В зависимости от условий боевой обстановки санитарная обработка и дезактивация выполняются частично или в полном объеме и подразделяются поэтому на частичную и полную.

Частичная санитарная обработка и частичная дезактивация проводятся при первой возможности непосредственно в подразделениях.

Полная санитарная обработка и полная дезактивация проводятся только в незараженном районе по решению старшего начальника на заранее подготовленных пунктах специальной обработки (ПСО). Примерная схема пункта специальной обработки и порядок прохождения через него подразделений приведены на рис. 102. В состав пункта специальной обработки входят:

а) контрольно-распределительный пост;

б) площадка обработки оружия, техники и транспорта;

в) площадка дезактивации обмундирования и снаряжения;

г) площадка санитарной обработки;

д) площадка ветеринарной обработки при наличии животных.

Подразделения, которые должны пройти полную санитарную обработку и дезактивацию, сосредоточиваются в районах ожидания, где они могут провести частичную обработку и дезактивацию, если это не было сделано ранее.

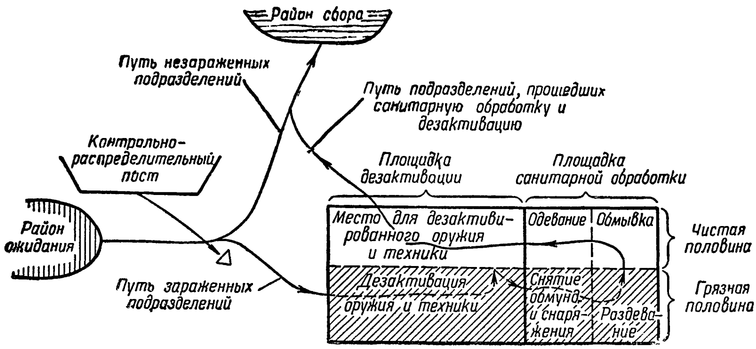


Рис. 102. Схема пункта специальной обработки

Из района ожидания подразделения направляются на контрольно-распределительный пост. Здесь они проходят контроль радиоактивного заражения. Если степень заражения превышает допустимые нормы, то личный состав вместе с оружием и техникой направляется на пункт специальной обработки — на грязную половину площадки обработки оружия, техники и транспорта. Здесь личный состав надевает индивидуальные средства противохимической защиты и производит дезактивацию своего оружия и техники, после чего обработанное оружие и техника направляются на чистую половину той же площадки, а личный состав следует на площадку дезактивации обмундирования и снаряжения. На грязной половине этой площадки личный состав оставляет свое обмундирование и снаряжение для дезактивации и следует на площадку санитарной обработки. В некоторых случаях личный состав после дезактивации оружия и техники сразу направляется в раздевальное отделение площадки санитарной обработки. В раздевальном отделении он снимает индивидуальные средства противохимической за-

щиты и оставляет для дезактивации верхнее обмундирование, снаряжение, белье и обувь. Все это обрабатывается специально выделенными командами. После дезактивации обмундирование и снаряжение переносится в одевальное отделение.

Личный состав после санитарной обработки следует на чистую половину площадки обработки вооружения, техники и транспорта, производит там чистку и смазку дезактивированного оружия и техники и направляется в район сбора.

Пункт специальной обработки развертывается в месте, хорошо укрытом от воздушного наблюдения противника и по возможности имеющем вблизи источники незараженной воды. Место для дезактивации и санитарной обработки должно быть ровным с небольшим уклоном для стока воды. Водоотводные канавы следует располагать так, чтобы загрязненная вода стекала в сторону от источника и собиралась в водосборный или водопоглощающий колодец.

Большой объем работ при полной санитарной обработке и дезактивации требует применения на пунктах специальной обработки различных машин и приспособлений, в большинстве своем применяемых также при дегазации и дезинфекции. Автомобильная разливочная станция (АРС) предназначается для дезактивации боевых и транспортных машин, может быть использована для дезактивации участков дорог (с твердым покрытием), мостов, сооружений и пр. Цистерна станции имеет емкость 2650 л. Жидкость может подаваться на обработку механическим или ручным насосом. Автодегазационная машина (АДМ) служит для дезактивации боевой техники и транспорта. В этих же целях используется и ранцевый дегазационный прибор (РДП).

Артиллерийский и пулеметно-минометный дегазационные комплекты предназначены для частичной дезактивации орудий, минометов, пулеметов. Для санитарной обработки людей и дезинфекции обмундирования служит дезинфекционно-душевая установка.

Санитарная обработка. Частичная санитарная обработка личного состава организуется в подразделениях при первой возможности без отвлечения воинов от выполнения боевой задачи. Она может быть проведена не-

посредственно в зараженном районе или после выхода из него.

При частичной санитарной обработке, проводимой вне зараженного района, прежде всего необходимо снять защитную накидку и стряхнуть пыль с обмундирования, снять защитные чулки.

Далее следует снять противогаз и защитные перчатки, вымыть руки и промыть два — три раза незараженной водой открытые участки тела, обращая особое внимание на тщательность мытья и удаление грязи из-под ногтей; после этого нужно промыть чистой водой нос и прополоскать рот.

При недостатке воды открытые участки тела протираются влажным полотенцем или тампоном, можно использовать носовой платок или какую-либо чистую влажную ткань. Если воды нет, то тампоны смачиваются жидкостью из индивидуального противохимического пакета. В крайнем случае, когда под руками нет ни воды; ни индивидуального пакета, открытые участки тела следует протереть сухими тампонами.

При частичной санитарной обработке в зараженном районе нельзя снимать индивидуальные средства противохимической защиты. Радиоактивные вещества удаляют только с незащищенных участков тела. Пользоваться для этой цели водой из какого-либо источника можно лишь после дозиметрического обследования его с разрешения командира. Если личный состав оказался в зараженном районе без средств защиты, то следует обмыть или протереть открытые участки тела, затем надеть средства защиты и приступить к дезактивации оружия и позиции. После дезактивации оружия, позиции и техники необходимо еще раз обмыть или обтереть влажными тампонами открытые части тела, чтобы удалить радиоактивные вещества, которые могли попасть на кожу во время дезактивации.

Полная санитарная обработка производится только в незараженном районе на специальной площадке. В населенных пунктах для этой цели используются бани, душевые, санпропускники. В полевых условиях летом санитарная обработка может производиться на открытом воздухе, в палатках или под навесами, в незараженном водоеме с проточной водой, в холодное время года оборудуются теплые землянки или отепленные палатки.

При полной санитарной обработке тщательно обмывается все тело. Дозиметрический контроль производится до и после обмывания.

Обмывание загрязненных мест теплой водой с мылом и мочалкой обеспечивает полное удаление радиоактивных веществ и является одним из наиболее эффективных, в то же время легко доступных способов санитарной обработки.

Практическая проверка различных средств и способов обработки рук показала, что при первом мытье рук щеткой с мылом удаляется наибольшее количество радиоактивных веществ, при повторном — значительно меньше. Троекратное мытье рук мягкой щеткой с мылом и теплой водой практически полностью удаляет радиоактивные вещества. Применение для санитарной обработки рук растворителей, слабых растворов соляной кислоты и растворов марганцево-кислого калия дает примерно такие же результаты, что и мытье щеткой и мылом.

Дезактивация техники и вооружения. Частичная дезактивация техники и оружия, так же как и частичная санитарная обработка, может производиться непосредственно в зараженном районе или после выхода из него.

Для частичной дезактивации оружия и техники следует приготовить несколько тампонов из незараженной пакли или ветоши и, смочив их водой (а при отсутствии воды — керосином, бензином или другими растворителями), тщательно протереть личное оружие и те части автомашины, орудия, танка, самолета, с которыми обслуживающим лицам приходится постоянно соприкасаться, то есть сиденье, рукоятки и пр.

Если позволяют условия боевой обстановки, то радиоактивные вещества следует удалять со всех поверхностей зараженного стрелкового оружия (карабина, автомата, пулемета), орудия, миномета и т. д. Это дает значительное снижение общей зараженности вооружения и техники и уменьшает возможность поражения при последующей работе с нею.

Частичная дезактивация оружия, орудий и минометов проводится непосредственно на огневых позициях. При дезактивации особое внимание надо обращать на оптические приборы (стереотруба, прицел, дальномер и др.), так как при пользовании зараженными приборами могут

быть поражены органы зрения. При отсутствии воды, бензина, керосина оружие и технику следует протереть три — четыре раза сухой чистой ветошью или паклей.

Танки и самоходно-артиллерийские установки дезактивируют экипажи. При частичной дезактивации прежде всего протирают те места на башне и корпусе танка (САУ), к которым приходится прикасаться экипажу. Затем в танке дезактивируют внутренние поверхности боевого отделения, отделения управления, а также вооружение, оборудование, приборы и рычаги управления.

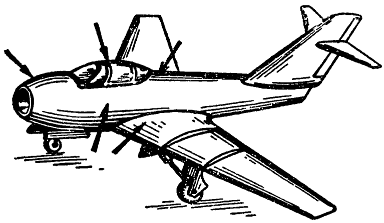


Рис. 103. Места самолета, которые дезактивируются в первую очередь

На рис. 103 стрелками показаны места самолета, которые дезактивируют в первую очередь. Такими местами являются фонари кабин, подходы к кабинам и к некоторым люкам, внутренние поверхности кабин и их оборудование, если они при проверке оказались зараженными.

Полная дезактивация оружия и техники производится только в незараженном районе на специально подготовленных площадках. Эта работа осуществляется под руководством и контролем лиц, прошедших соответствующую подготовку.

Оружие и боевую технику дезактивируют одним из следующих способов: смыванием радиоактивных веществ струей воды; смыванием радиоактивных веществ водой при одновременном протирании поверхности щетками, ветошью, паклей; протиранием щетками, кистями, тампонами, смоченными водой; промыванием деталей в бензине или керосине. В зимнее время для дезактивации используют незамерзающие водные растворы или бензин и керосин. С успехом могут быть использованы дегазационные растворы.

Для проведения дезактивации применяются различные дегазационные машины и приборы, а также бензо-, водо- и маслозаправщики, мотопомпы, пожарные машины и другая техника. На рис. 104 показана полная дезактивация оружия и боевой техники: орудия, танка и самолета.

Перед полной дезактивацией танков выгружают боеприпасы и инструмент и тщательно закрывают крышки люка башни и люка механика-водителя, открывают аварийный люк и пробки лючков в днище танка, жалюзи и прорези прикрывают брезентом. Точно так же поступают и в случае полной дезактивации самолета: закрывают

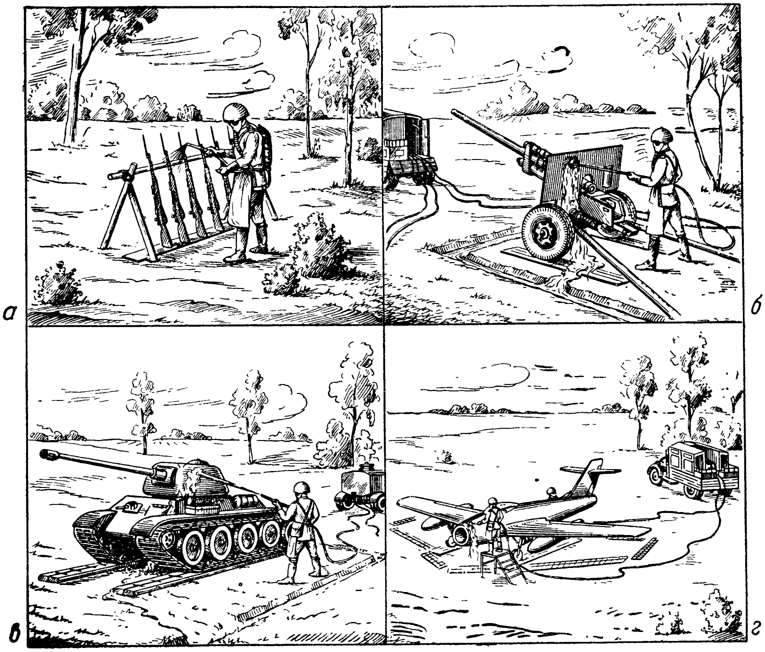


Рис. 104. Полная дезактивация оружия и боевой техники:
а — полная дезактивация оружия с использованием ранцевого дегазационного прибора; *б* — полная дезактивация орудия с использованием автомобильной дегазационной машины; *в* — полная дезактивация танка с использованием авторазливочной станции; *г* — полная дезактивация самолета с использованием автомобильной дегазационной машины

фонари кабин, бомболюки, различные лючки и т. п. Дезактивацию проводят сверху вниз, чтобы обеспечить хороший сток загрязненной воды.

Во всех случаях наиболее выгодным в смысле экономии труда и времени является способ обмывки техники, особенно большой по размерам, струей воды из брандспойта. Однако в некоторых случаях будет более эффективным обмывание водой с одновременным проти-

ранием поверхностей щетками от дегазационных машин. Этот способ более трудоемок, но зато дает более полное удаление радиоактивных веществ при сравнительно небольшом расходе воды.

Дезактивацию внутренних поверхностей кабин самолетов, танков, автомашин можно выполнить с помощью пылесосов.

Основным способом ликвидации радиоактивного заражения на кораблях флота является обмывка палуб, надстроек, башен и других сооружений струей воды под напором. Особенно хорошие результаты дает использование пожарных насосов и специального трубопровода с распылителями. С помощью мощных насосов забортная вода подается в трубопровод и под давлением через большое количество мелких отверстий выбрасывается вверх и в стороны — образуется своеобразный ливень воды, который успешно смывает радиоактивные вещества с наружных поверхностей корабля.

После обработки все дезактивируемые объекты должны быть подвергнуты тщательному дозиметрическому контролю. Если будет обнаружено, что в некоторых местах радиоактивные вещества остались в количестве, превышающем допустимую норму, то необходимо повторить дезактивацию с последующей проверкой ее дозиметрическими приборами.

Дезактивация обмундирования и снаряжения. Частичная дезактивация обмундирования, снаряжения и индивидуальных средств противохимической защиты производится личным составом в боевых порядках и, как правило, после частичной дезактивации оружия и техники. Вне зараженного района частичная дезактивация обмундирования и снаряжения проводится путем обметания или вытряхивания радиоактивной пыли.

При наличии времени и при благоприятной обстановке снаряжение и обмундирование снимают, тщательно вытряхивают, выколачивают пыль, обтирают и обметают. Зимой обмундирование, снаряжение и обувь можно дезактивировать незараженным снегом.

Если поверх обмундирования была надета защитная накидка, то отряхивают и обметают только те места обмундирования и снаряжения, которые не были ею прикрыты.

Полная дезактивация обмундирования, снаряжения и средств противохимической защиты производится на пунктах специальной обработки. Для дезактивации используются следующие способы удаления радиоактивного загрязнения: вытряхивание и выколачивание, протирание тампонами или щетками, обмывание и стирка.

После дезактивации обмундирование подвергается дозиметрическому контролю и лишь после этого выдается личному составу. Если при проверке вновь обнаружена высокая степень заражения, обмундирование заменяется.

Дезактивация продовольствия и воды. Все виды продовольствия и фуража, зараженные выше допустимых норм, подлежат дезактивации или изъятию. Носимый запас продовольствия, зараженный радиоактивными веществами выше допустимых норм, уничтожают. Исключение составляют консервы и другие продукты, хранящиеся в герметической упаковке. После дезактивации упаковки такие продукты годны к употреблению.

Дезактивация воды производится лишь в том случае, когда нет возможности обеспечить войска или население водой из незараженных источников, то есть нет возможности отрыть новый шахтный колодец, пробурить скважину или организовать подвоз воды из незараженного района.

После атомного нападения все пищевые продукты, фураж и водные источники, расположенные в зоне поражения, подвергаются дозиметрическому контролю с целью установить, что и в какой степени заражено радиоактивными веществами. Выбор способа дезактивации зависит от характера продуктов (хлеб, мясо, сахар, консервы в банках и пр.), от вида и качества упаковки, от степени заражения и от наличия тех или иных технических средств для дезактивации. При большом разнообразии пищевых продуктов трудно рекомендовать какой-либо один способ их дезактивации.

Продукты питания и фураж, хранящиеся в мешках (крупа, соль, зерно и пр.), пересыпают в чистые мешки или другую чистую тару с соблюдением мер предосторожности.

Дезактивация рыбы, твердых жиров, солонины, хранящихся в бочках и ящиках, производится путем обмы-

вания тары водой и протирания ее ветошью или щетками.

Дезактивированные продукты питания и фураж хранятся отдельно и используются в последнюю очередь. При выдаче их со склада в накладных делают специальные пометки. Такие продукты перед закладкой в котел промываются более тщательно.

Дезактивация зараженной воды может быть осуществлена различными способами. Основная часть радиоактивных веществ, образующихся в результате атомного взрыва, в воде не растворяется, поэтому с течением времени оседает на дно водоема. Однако процесс осаждения происходит очень медленно и полной очистки, как правило, не получается, поэтому основными способами дезактивации воды являются фильтрование и перегонка. Дезактивация воды способом перегонки (выпаривания) с помощью подвижной опреснительной установки происходит так же, как и опреснение горько-соленой воды. Фильтрование воды может производиться через табельные фильтры или фильтры из подручных средств (песок, гравий, уголь); фильтрации воды может предшествовать коагулирование и отстаивание. Коагулированием воды называется способ очистки ее при помощи искусственного образования осадка в результате добавления к воде специальных химических веществ (коагулянтов). Этот способ обеспечивает удаление из воды очень мелких частиц, находящихся во взвешенном состоянии.

При фильтрации может быть использован способ ионного обмена, который обеспечивает более полное удаление из воды радиоактивных веществ, как нерастворимых, так и растворимых. В этом случае фильтр, помимо обычных фильтрующих веществ (гравий и песок), содержит специальные вещества — иониты. Иониты — твердые, в виде зерен, не растворимые в воде вещества, обладающие способностью поглощать из растворов ионы.

При дезактивации шахтных колодцев и родников, зараженных радиоактивными веществами, очищают дно колодца и несколько раз выкачивают из него воду, а у родника снимают слой грунта толщиной 5—10 см. Перед дезактивацией и после нее определяют степень заражения воды и стенок колодца.

Дезактивация позиций и местности. Траншеи, ходы сообщения и окопы с одеждой крутостей дезактиви-

руются в следующем порядке. С бермы срезают 3—4 см грунта, после чего одетые крутости обметают влажными вениками, жгутами из травы или соломы, щетками или ветошью. Срезанный грунт собирают лопатами в ведра, ящики, мешки и относят в место, указанное командиром. Затем дезактивируют дно траншеи, срезая слой грунта толщиной 3 см. Срезать грунт с бруствера можно в том случае, если позволяют условия маскировки.

Неодетые крутости траншей, окопов очищают лопатой, срезая слой грунта толщиной до 3 см.

Помещения и закрытые сооружения дезактивируют обтиранием потолка, пола и стен влажными тряпками или обметанием влажными вениками, щетками.

Дезактивация зараженной местности заключается в удалении радиоактивных веществ с поверхности или в покрытии этой поверхности слоем незараженного материала. Оба способа являются очень громоздкими и трудоемкими, поэтому дезактивируются лишь отдельные участки местности, главным образом проходы и места расположения боевой техники и личного состава. Для дезактивации широко используются различные дорожные и подметально-уборочные машины (рис. 105).

При определении объема работ по дезактивации местности надо располагать возможно более точными данными радиационной разведки о размерах участка заражения и об уровнях радиации на нем, особенно в районе расположения войск или на намечаемых направлениях движения.

При организации дезактивационных работ следует в полной мере, насколько позволяет обстановка, использовать так называемую самодезактивацию, то есть уменьшение степени заражения вследствие самопроизвольного распада радиоактивных веществ.

Как уже указывалось, основными способами защиты от радиоактивных веществ при действиях на зараженной местности являются ограничение времени пребывания на зараженном участке и предотвращение попадания радиоактивных веществ на кожу и внутрь организма.

Современная техника позволяет преодолевать зараженные участки с достаточной скоростью, обеспечивая тем самым первое из указанных условий; другое условие надежно обеспечивается использованием индивидуаль-

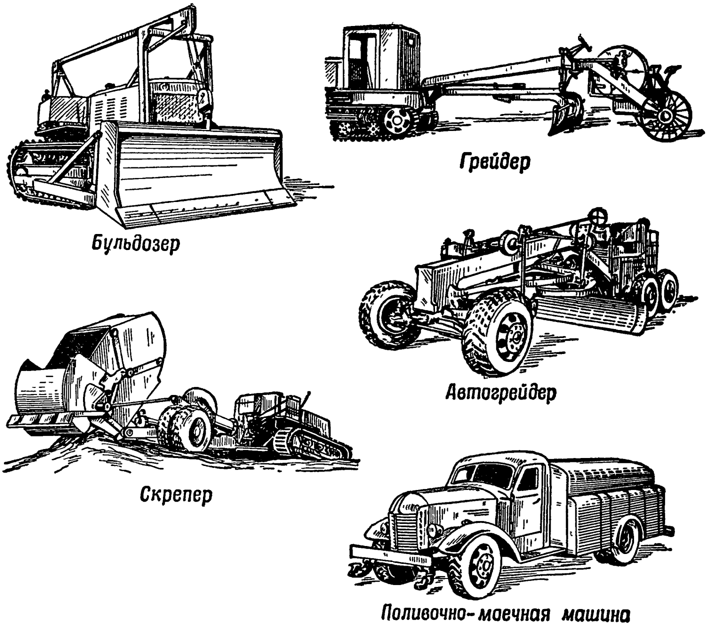


Рис. 105. Машины, которые могут быть использованы для дезактивации дорог и отдельных участков местности

ных средств защиты. Таким образом, в необходимых случаях боевые действия на радиоактивно зараженной местности вполне возможны без проведения дезактивационных работ.

6. Действия на радиоактивно зараженной местности

В условиях применения атомного оружия от всего личного состава вооруженных сил больше, чем когда-либо, требуются отличная выучка, выдержка, стойкость, железная воинская дисциплина и непреклонная воля к победе над врагом. Чтобы успешно выполнить боевую задачу, каждый воин должен твердо знать свои обязанности, умело действовать при применении атомного оружия, проявляя в бою разумную инициативу и смекалку.

Успешному продвижению наступающих подразделений в ходе всего боя в значительной степени способствует умелое преодоление участков местности, заражен-

ных радиоактивными веществами, которые могут встретиться как в районе взрыва, так и по следу радиоактивного облака.

Зараженные участки местности быстро преодолеваются в индивидуальных средствах противохимической защиты (рис. 106). При движении в тихую безветренную погоду после дождя нет необходимости находиться в противогазах, так как пыли, а вместе с нею и радиоактивных

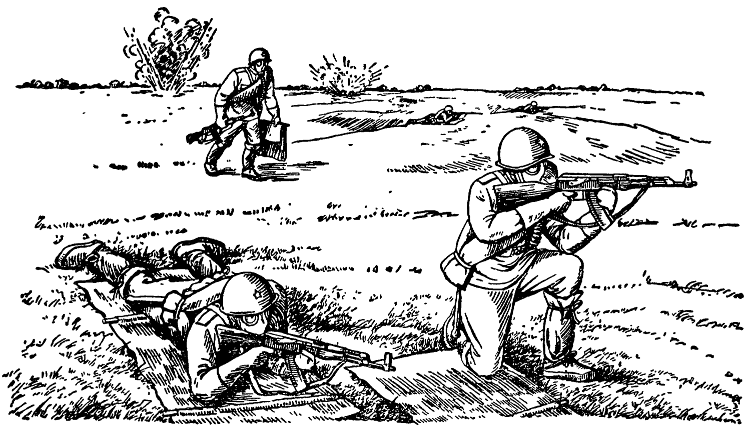


Рис. 106. Преодоление зараженных участков местности
При перебежках по зараженной местности под огнем противника необходимо пользоваться при залегании накидкой-подстилом

веществ в воздухе будет очень мало. В этом случае следует надеть только плащ-палатку или защитную накидку. Индивидуальные средства противохимической защиты при преодолении участков местности, зараженных радиоактивными веществами, следует использовать, сообразуясь с боевой обстановкой и с условиями погоды, кроме того, надо учитывать характер почвы и растительного покрова, поскольку они влияют на степень пылеобразования.

В сухую погоду при преодолении зараженных участков нужно надевать противогазы и защитные перчатки. В сырую погоду можно действовать без противогаза, так как радиоактивной пыли в воздухе практически не будет.

Однако при этом следует использовать защитные чулки, перчатки и различные подстилы, которые предохраняют обмундирование и обувь от заражения радиоактивными веществами при залегании и перебежках. На рис. 107 показано преодоление зараженных участков на автомобиле.

Указания об использовании тех или иных средств защиты, как правило, будут даваться старшим начальником. Если подразделение действует на зараженной местности в отрыве от других, то решение на использование

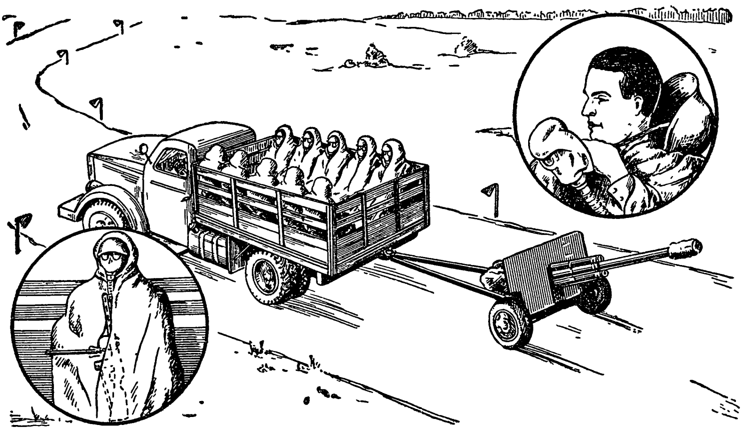


Рис. 107. Преодоление зараженного участка на автомобиле
В кружках показано использование индивидуальных средств защиты

индивидуальных средств противохимической защиты командир подразделения принимает самостоятельно.

При действиях в условиях применения атомного оружия необходимо постоянно заботиться о предохранении своего оружия и техники, носимого запаса продовольствия и воды, а также личных вещей от заражения радиоактивными веществами.

Одним из способов защиты от поражения внешним облучением является ограничение времени пребывания в зараженном районе. Если это время сравнительно невелико, как это и будет при преодолении зараженных участков, то изменением уровня радиации со временем

можно пренебречь и определять дозу радиации по очень простой формуле:

$$Д = P_{ср} t,$$

где Д — доза радиации в рентгенах;

$P_{ср}$ — средний уровень радиации на данном зараженном участке в рентген/час.;

t — время в часах.

Безопасное время пребывания на зараженном участке местности с учетом изменения уровней радиации во времени легко определяется с помощью графиков. Если время измерения уровня радиации и время вступления в зараженный район совпадают, то для определения допустимого времени пребывания пользуемся графиком на рис. 108. По вертикальной оси на графике отложено отношение общей дозы облучения к уровню радиации,

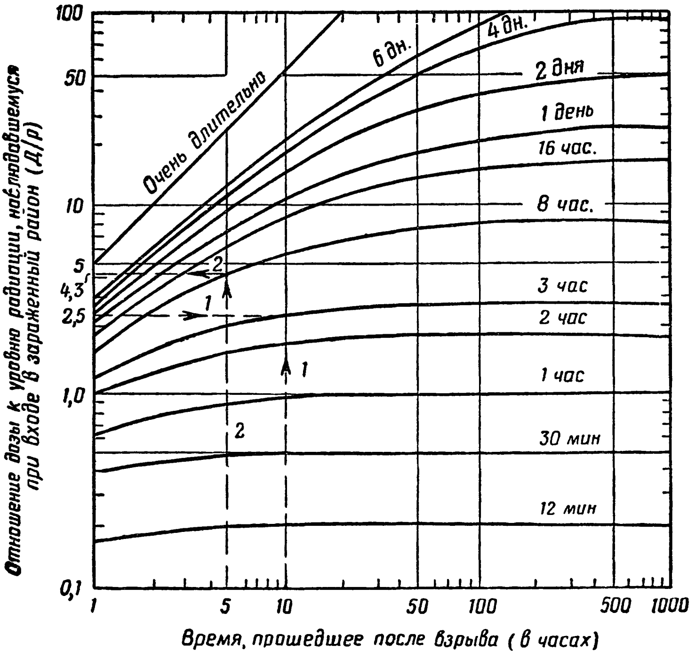


Рис. 108. График для определения безопасного времени пребывания на зараженной местности (на кривых указана продолжительность облучения)

наблюдаемому при входе в зараженный район. На горизонтальной оси обозначено время входа, отсчитанное с момента взрыва. Каждая кривая соответствует определенной длительности облучения.

Пример. Допустим, что на зараженный участок прибыла команда спустя 10 часов после взрыва. Измеренный уровень радиации оказался равным 10 рентген/час. Определить безопасное время пребывания, если заданная допустимая доза равна 25 рентгенам.

Решение. Поскольку $\frac{Д}{P} = \frac{25}{10} = 2{,}5$, то $t = 3$ часа. Ход решения отмечен на графике стрелками 1—1.

Можно решить несколько иную задачу. Пусть, например, требуется определить дозу, которую можно получить при восьмичасовом пребывании на зараженном участке, если команда прибыла на этот участок через 5 часов после взрыва, когда уровень радиации равнялся 10 рентген/час.

Решение. При помощи графика находим, что $\frac{Д}{P} = 4{,}3$. Следовательно, $Д = 4{,}3 \cdot 10 = 43$ рентгена. Ход решения показан стрелками 2—2.

На другом подобном графике (рис. 109) по вертикальной оси отложено отношение дозы к уровню радиации, наблюдавшемуся через 1 час после взрыва. В данном случае для определения допустимого времени пребывания в зараженном районе надо знать уровень радиации через час после взрыва. Однако могут быть случаи, когда уровень радиации определен, например, спустя 3 часа после взрыва, а люди приступили к работе на зараженном участке через 2 или 5 часов. Поэтому приходится пользоваться еще одним графиком (рис. 110), где по измеренному уровню радиации можно найти его значение через 1 час (P_1).

Примеры.

1. Через 30 минут после взрыва уровень радиации $P = 60$ рентген/час. Допустимая доза $Д_{доп} = 20$ рентгенам. Для выполнения работ требуется 3 часа. Сколько времени надо выждать, прежде чем начать работы в этом районе?

Решение. С помощью графика на рис. 110 определяем уровень радиации через час после взрыва. Для этого из точки, соответствующей на горизонтальной оси

уровню радиации 60 рентген/час, проводим вертикаль до пересечения с прямой, показывающей время после взрыва, равное 30 минутам. Далее влево проводим горизонтальную прямую и на вертикальной оси читаем зна-

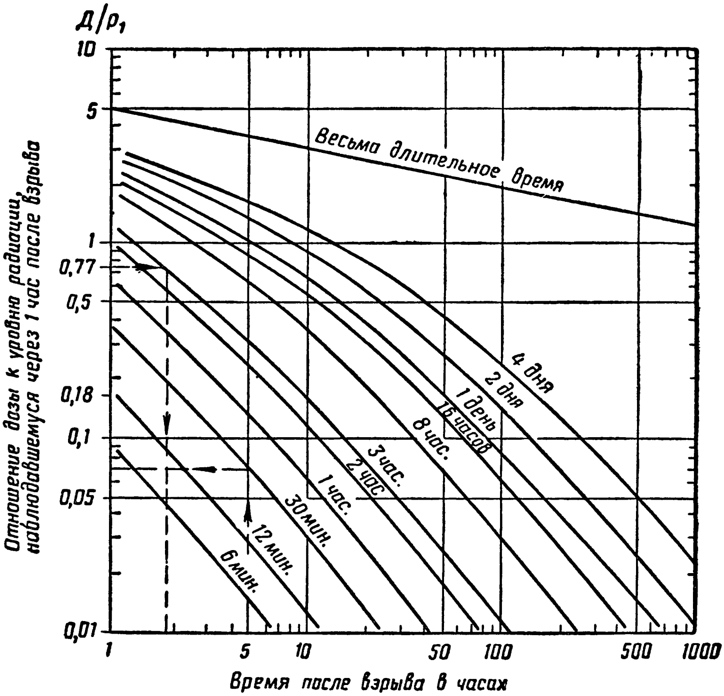


Рис. 109. График для определения безопасного времени пребывания в зараженном районе исходя из уровня радиации спустя час после взрыва (на кривых указана продолжительность облучения)

чение искомого уровня радиации. В данном случае $P_1 =$ $= 26$ рентген/час.

Теперь перейдем к графику на рис. 109. Отношение допустимой дозы к уровню радиации через час после взрыва равно

$$\frac{Д_{доп}}{P_1} = \frac{20}{26} = 0,77.$$

Из точки, соответствующей на вертикальной оси значению 0,77, проводим вправо горизонтальную прямую до пересечения с кривой, которая показывает время пребывания на зараженном участке, равное 3 часам. Из полученной точки проводим вниз вертикаль и на горизонтальной оси получаем значение времени, прошедшего после взрыва. В решаемой задаче мы получили $t \approx 2{,}0$ часа.

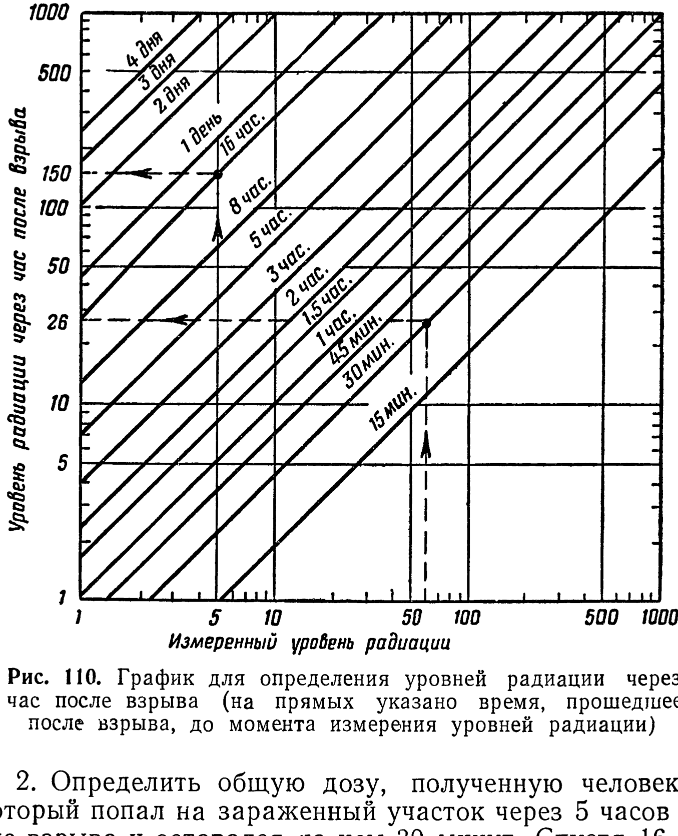


Рис. 110. График для определения уровней радиации через час после взрыва (на прямых указано время, прошедшее после взрыва, до момента измерения уровней радиации)

2. Определить общую дозу, полученную человеком, который попал на зараженный участок через 5 часов после взрыва и оставался на нем 30 минут. Спустя 16 часов после взрыва измерения показали, что уровень радиации составляет 5 рентген/час.

Решение. По графику на рис. 110 находим уровень радиации через час после взрыва.

$$P_1 = 150 \text{ рентген/час.}$$

С помощью графика на рис. 109 находим отношение $\frac{Д}{P_1}$, которое оказывается равным 0,07, следовательно,

$$Д = 0{,}07 \cdot 150 = 10{,}5 \text{ рентгена.}$$

Если позволяет обстановка, то после преодоления участка местности, зараженного радиоактивными веществами, следует произвести контроль заражения личного состава, вооружения и боевой техники, а после контроля — частичную дезактивацию и санитарную обработку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В декларации Советского правительства[1] указывается, что никогда еще гонка вооружений не таила в себе столько опасности, как сегодня, в век атома, электроники и покорения космоса. Какими бы страшными средствами истребления людей ни казались в свое время скорострельное автоматическое оружие, танки, дальнобойная артиллерия и авиационные бомбы, они не идут ни в какое сравнение с атомным и водородным оружием и ракетами. Если сложить вместе средства разрушения, которыми располагало человеческое общество за все века, то все это составило бы ничтожную долю того, что находится теперь в руках двух — трех держав, обладающих ядерным оружием.

Ведь известно, что при взрыве только одной большой современной водородной бомбы выделяется энергия разрушения, которая превосходит энергию всех взрывчатых веществ, изготовленных во всем мире за четыре года второй мировой войны.

Взрыв только одной водородной бомбы может стереть с лица земли крупнейшие центры мировой цивилизации. Всего лишь несколько водородных бомб нужно, чтобы

[1] В декларации Советского правительства о программе всеобщего и полного разоружения («Правда» от 19 сентября 1959 г) говорится, что все имеющиеся в распоряжении государств атомные и водородные бомбы должны быть уничтожены, дальнейшее производство их прекращено. Энергия расщепляющихся материалов должна использоваться исключительно для мирных хозяйственных и научных целей Надо полностью прекратить производство и уничтожить все виды ракетного оружия любого радиуса действия, включая космические ракеты военного назначения. Военные ракеты всех радиусов действия должны быть ликвидированы, и ракетная техника останется лишь как средство транспорта и освоения космического пространства во имя блага всего человечества.

уничтожить целые государства. А на складах накапливается все больше и больше атомных и водородных бомб.

Внедрение в вооружение армий ядерно-ракетного оружия, обучение персонала вооруженных сил обращению с ним, приспособление к новым видам оружия стратегии и тактики ведения военных действий зашли уже настолько далеко, что очередное военное столкновение держав угрожает превратиться в войну с применением всех средств уничтожения, которые находятся в руках воюющих сторон. Космос, который всего несколько лет назад был недосягаем для человека, теперь, как прежде моря́ и воздушное пространство, может быть использован для нанесения через него ядерного удара по любому пункту земного шара.

В иностранной военной печати указывается, что развитие ядерного оружия за последние 15 лет было очень быстрым и оказало сильное влияние на способы вооруженной борьбы. Атомное оружие прежде всего позволило существенно увеличить ударную силу артиллерии и авиации. Это позволяет чрезвычайно усилить и ускорить темпы боевых операций и повысить роль фактора внезапности. Введение ракет дальнего действия, вооруженных ядерными зарядами, дает возможность поражать и оборонительную полосу противника, и его тактические и оперативные тылы с удаленных пусковых площадок, причем весьма быстро и оперативно, путем соответствующего маневра траекториями. Ядерное оружие начало внедряться в зенитную артиллерию главным образом в форме управляемых зенитных ракет. В иностранной печати появились сведения о применении ядерных зарядов в управляемых снарядах авиации, предназначенных для воздушного боя.

В иностранной печати указывается, что морские боевые корабли, надводные и подводные, также оснащаются управляемыми и самонаводящимися реактивными снарядами и торпедами с ядерным зарядом. Это коренным образом изменило тактику военно-морского флота и сильно повысило его ударную силу как при действии против флота, так и против прибрежных территорий и баз противника.

Инженерные войска также значительно усилились, получив возможность при помощи ядерных зарядов

быстро производить взрывные работы с целью устройства заграждений и для других целей.

По мнению иностранных специалистов, значительно усилились благодаря ядерному оружию стратегическая авиация и другие виды стратегического оружия, особенно ракеты дальнего действия и межконтинентальные ракеты. Это дает теперь возможность наносить по глубоким тылам противника такие мощные и внезапные удары, которые существенно эффективнее любых ударов стратегической авиации недавнего прошлого. Поэтому в настоящее время возможно такое ведение войны, когда не будет существенной разницы между тылом и фронтом и, более того, точно нанесенные на карту города, транспортные или промышленные центры будут поражаться более легко, быстро и эффективно, чем войска, должным образом рассредоточенные, замаскированные и прикрытые мощной ПАЗ и эффективной маскировкой. Все это совершенно меняет лицо современной войны, условия боевой подготовки и организации войск.

Особенно существенным является создание такого носителя ядерных зарядов, как советская межконтинентальная ракета, способная попасть с достаточной точностью в любой заданный район на земном шаре. Это средство борьбы существенно повышает оборонную мощь Советского Союза.

Н. С. Хрущев в докладе на сессии Верховного Совета СССР 14 января 1960 г. говорил, что «мы опередили на несколько лет другие страны в создании и массовом производстве межконтинентальных баллистических ракет различных типов.

...Наши ученые, инженеры и рабочие, занятые в оборонной промышленности, создали новые виды вооружения, самого современного, отвечающего последнему слову науки и техники. Это дает нам возможность пойти на сокращение вооруженных сил без ущерба для обороноспособности страны.

...Советский Союз накопил нужное количество атомного и водородного оружия. Пока не достигнуто соглашение о запрещении ядерного оружия, мы вынуждены продолжать его производство. Конечно, нам приходится расходовать на эти цели немалые средства. Но полностью отказаться от производства ядерного оружия в настоящее время мы пока не можем: такое решение

должно быть результатом соглашения государств, обладающих ядерным оружием.

Наше государство располагает мощной ракетной техникой. Военная авиация и военно-морской флот при современном развитии военной техники утратили свое прежнее значение. Этот вид оружия не сокращается, а заменяется. Военная авиация почти вся заменяется ракетной техникой. Мы сейчас резко сократили и, видимо, пойдем на дальнейшее сокращение и даже прекращение производства бомбардировщиков и другой устаревшей техники. В военно-морском флоте большое значение приобретает подводный флот, а надводные корабли уже не могут играть той роли, которую они играли в прошлом.

Вооруженные силы у нас в значительной степени переведены на ракетно-ядерное оружие. Это оружие совершенствуется и будет впредь совершенствоваться до его запрещения.

Центральный Комитет Коммунистической партии и Советское правительство могут доложить вам, товарищи депутаты, что оружие, которое у нас уже есть, — это грозное оружие, а то, что, так сказать, на выходе, — еще совершеннее, еще грознее. Оружие, которое создается и находится, как говорится, в портфеле ученых и конструкторов, — это невероятное оружие» [1].

Коммунистическая партия и Советское правительство неуклонно проводят политику мира и дружбы между народами. Советский народ борется за запрещение атомного, водородного и других видов оружия массового уничтожения людей. Империалисты по-прежнему отвергают мирные предложения СССР и ведут подготовку агрессивной войны против Советского Союза и стран социалистического лагеря с применением оружия массового уничтожения. Они грозят нам могуществом своей авиации и военно-морского флота.

«Мы можем на это ответить, что это уже относительно устаревшие средства войны, есть более грозное и новейшее средство — это межконтинентальные баллистические ракеты. Их действительно не остановишь никакими средствами противовоздушной обороны, и они

[1] Н. С. Хрущев. Разоружение — путь к упрочению мира и обеспечению дружбы между народами. Доклад на сессии Верховного Совета СССР. Газета «Правда» от 15 января 1960 г.

способны неотвратимо доставить водородный заряд колоссальной мощи в любую точку земного шара (именно в точку — они очень точны). В этом сомневаться не приходится, ибо первая подобная им ракета так триумфально взвилась в космос и теперь с гордостью носит вымпел вокруг Солнца. Какое еще нужно доказательство ракетной мощи Советской державы?!»[1].

В настоящее время успехи СССР в развитии ядерного оружия и ракетной техники и оснащение Советской Армии, Авиации и Флота другими видами современного вооружения обеспечивают надежную защиту нашей страны от любого агрессора. Наша страна оснащена теперь разнообразными образцами ядерного оружия, целой серией боевых баллистических ракет: межконтинентальных, континентальных большой, средней и ближней дальности и целой группой ракет тактического назначения[2].

Наши Вооруженные Силы располагают великолепной боевой ядерной техникой, способной поражать как на полях сражений, так и в любой точке земного шара.

Маршал Советского Союза Р. Я. Малиновский в речи на сессии Верховного Совета СССР 14 января 1960 г. отметил, что «Советские вооруженные силы являются верным стражем советского народа, строящего под руководством партии светлое здание коммунизма. Они бдительно и надежно оберегают интересы нашей страны, всегда находясь в полной боевой готовности для решительного отпора агрессору.

По своей технической оснащенности, боевой подготовке и вооружению Советская Армия и Военно-Морской Флот стоят на уровне самых новейших достижений науки и техники. Они оснащены самыми современными и мощными средствами ведения войны, главным из которых является ракетное оружие с ядерным зарядом. Это оружие в наших вооруженных силах в достаточном количестве представлено баллистическими ракетами различного назначения, в том числе оперативно-тактическими с

[1] Р. Я. Малиновский. Речь на XXI съезде КПСС. «Правда», 1959 г., 4 февраля.
[2] Там же.

дальностью стрельбы от десятков до нескольких сотен километров, и стратегическими, включая межконтинентальные ракеты с практически неограниченной дальностью.

Современные баллистические ракеты, обладающие огромной скоростью, высотой и дальностью полета, способны в короткое время в любых метеорологических условиях надежно доставлять ядерные заряды самой различной мощности в любую точку. Они обеспечивают высокую возможность нанесения мощных ударов одновременно по большому количеству объектов. Большие дальности и скорости полета ракет позволяют в короткое время маневрировать огнем, перенося основные усилия с одних направлений или театров военных действий на другие, и массированными ядерными ударами оказывать решающее воздействие на изменение обстановки в свою пользу. Для обеспечения запуска ракет не требуется создавать большие по размерам, дорогостоящие и сложные по оборудованию аэродромы. Стартовые позиции ракет куда легче замаскировать и даже совершенно укрыть, что обеспечивает более высокую живучесть и неуязвимость ракетного оружия.

Все это свидетельствует о том, что ракетное оружие является наиболее эффективным из всех ранее существовавших и ныне существующих средств борьбы. Достаточно сказать, что если за период 1940—1945 гг. англо-американская авиация, совершив огромное количество самолето-вылетов, сумела сбросить на объекты Германии и оккупированных ею стран около двух миллионов тонн бомб, то в настоящее время одна ракета стратегического назначения способна доставить к цели ядерный заряд, эквивалентный по своей мощности суммарной силе взрыва обычного взрывчатого вещества, содержащегося в этих двух миллионах тонн бомб.

Если в порядке уяснения и анализа обратиться к расчетам как наших, так и иностранных специалистов, то окажется, что достаточно около 100 таких ядерных зарядов, взорванных за короткий промежуток времени над государством с развитой промышленностью, территория которого составляет примерно 300—500 тыс. квадратных километров, чтобы превратить все его промышленные районы и административно-политические центры в груду развалин, а территорию — в зараженную смертоносными

радиоактивными веществами вымершую пустыню. Причем, невероятную уязвимость имеют государства с небольшой территорией и высокой плотностью населения, и, наоборот, государства, располагающие обширной территорией, обладают большей неуязвимостью и жизнеспособностью.

Ракетное оружие с ядерными зарядами — это поистине страшное оружие как по своей мощи, так и по своей неотвратимости. Если при современном состоянии средств борьбы уничтожить корабль в море, сбить самолет или самолет-снаряд в воздухе не составляет большой трудности, то выпущенную баллистическую ракету уничтожить в полете пока еще невозможно — она неотвратимо достигает цели.

В современной войне, если только она будет развязана империалистами, первостепенное значение будут иметь массированные ядерные удары как по объектам в глубоком тылу, так и по группировкам вооруженных сил на театрах военных действий.

Все это мы учитываем и, располагая современными мощными огневыми средствами в виде ракет с ядерными зарядами, находим вполне возможным без ущерба для нашей обороноспособности пойти на значительное сокращение численности советских вооруженных сил...

Ракетные войска наших вооруженных сил, бесспорно, являются главным видом вооруженных сил, но мы понимаем, что одним видом войск решать все задачи войны нельзя. Поэтому, исходя из того, что успешное ведение военных действий и в современной войне возможно лишь на основе согласованного применения всех средств вооруженной борьбы и объединения усилий всех видов вооруженных сил, мы оставляем в определенной численности и в соответствующей разумной пропорции все виды наших вооруженных сил, боевые действия которых как по организации их, так и по способам действий будут мало похожи на то, что было в минувшей войне...

Определяя линию в дальнейшем развитии наших вооруженных сил в связи с сокращением их численности, мы исходим из того, что будущая война, если ее развяжут агрессоры, будет вестись с массовым применением ядерного оружия. Мы это подчеркиваем потому, что на Западе сейчас очень много говорят и пишут об «ограни-

ченной ядерной войне», о «тактическом использовании ядерного оружия», о «дозированной стратегии», о «стратегии устрашения» и т. д. и т. п. Все эти «теории» и, с позволения сказать, «стратегии» свидетельствуют о страхе империалистов перед неизбежным возмездием, которое они могут получить в случае нападения на страны социалистического лагеря. Вместе с тем такие «теории» проповедуются для успокоения широких народных масс, чтобы под прикрытием этой дымовой завесы можно было творить свое черное дело подготовки новой мировой войны.

Следует ожидать, что наиболее вероятным способом развязывания войны империалистами против Советского Союза, если они рискнут на это пойти, будет внезапное нападение с широким применением ядерного оружия. В этих условиях главная задача наших вооруженных сил будет состоять в том, чтобы отразить нападение противника и мгновенно нанести по нему ответный сокрушительный удар. К этому прежде всего мы и готовим нашу Советскую Армию и Военно-Морской Флот» [1].

Успехи нашей экономики, науки и техники дали нам неоспоримые преимущества в обеспечении обороноспособности нашей Родины. Можно быть уверенными в том, что и в дальнейшем наши ученые, инженеры и техники, рабочие оборонных предприятий будут прочно держать в своих руках ведущее положение в области ядерно-ракетного оружия.

Академик И. В. Курчатов говорил, что «Советские атомники по заданию партии и правительства много лет упорно и беззаветно трудились сначала над созданием, а затем над совершенствованием атомного и водородного оружия, хорошо понимая, что над государством нависла угроза и что, если мы не будем иметь такого оружия, найдутся силы, которые будут стремиться поставить на колени нашу прекрасную Родину. Свой долг перед страной советские ученые и инженеры-атомники выполнили. Создано совершенное, экономичное, очень мощное советское атомное и водородное оружие — наше отечественное оружие.

Наряду с этим сделали, и блестяще сделали, свое дело советские конструкторы ракет и других носителей

[1] Газета «Правда» от 15 января 1960 г.

ядерного оружия. Наш народ может быть спокоен: оборона Родины теперь надежно обеспечена» [1].

В настоящее время ядерное оружие и носители его продолжают в капиталистических странах быстро развиваться и видоизменяться. Современное состояние этого оружия — это только переходный этап. Поэтому должное знание ядерного оружия и возможных способов его боевого использования требует непрерывного внимания и изучения вновь появляющихся книг, брошюр и статей в журналах и газетах, касающихся этих вопросов. Вместе с тем требуется серьезное знание физических и технических основ ядерного оружия, лежащих в основе его развития. Эта книга и имеет целью помочь в приобретении таких знаний.



[1] Газета «Правда» от 15 января 1960 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. А. Науменко и Г. И. Петровский. Ударная волна атомного взрыва. Воениздат, 1957

2. М. П. Архипов. Световое излучение атомного взрыва. Воениздат, 1956.

3. А. И. Иванов. Ядерные излучения атомного взрыва. Воениздат, 1957.

4. В. П. Сырнев и Н. П. Петров. Радиоактивные излучения и их измерения. Воениздат, 1956.

5. «The Effects of Atomic Weapons», New York — London, 1950.

6. «The Effects of Nuclear Weapons», Washington, 1957.

7. Противоатомная защита. Издание бюро личного состава Военно-Морского флота США. (Перевод с английского.) Воениздат, 1958.

8. Т. Сирс. Роль врача в противоатомной защите. (Перевод с английского.) Изд. иностранной литературы, 1955.

9. Ф. Рэн. Атомная проблема. Изд. иностранной литературы, 1958.

10. Д. И. Лоусон. Атомная бомба и пожары. (Перевод с английского). Изд. иностранной литературы, 1955.

11. Защита ядерных реакторов. Изд. иностранной литературы, 1958.

12. Физика ядерных реакторов. Изд. иностранной литературы, 1956.

13. К. Ружерон. Использование энергии термоядерного взрыва. Изд. иностранной литературы, 1957.

14. О. И. Лейпунский. Гамма-излучение атомного взрыва. Атомиздат, 1959.

15. Н. Г. Гусев. Справочник по радиоактивным излучениям и защите. Медгиз, 1956.

16. Ядерные взрывы. (Перевод с английского). Изд. иностранной литературы, 1958.

17. Г. В. Горшков. Гамма-излучение радиоактивных тел и элементы расчета защиты от излучения. Изд. Академии наук СССР, 1959.

18. М. Н. Побединский. Лучевая болезнь. Медгиз, 1957.

19. Журнал «Армд форенс кемикел джорнэл» I и II, 1958.

20. А. В. Лебединский. Влияние ионизирующей радиации на организм. Изд. «Знание», 1957.

21. К переговорам о прекращении испытаний ядерного оружия. (Документы).

Вкладка в № 36 журнала «Новое время» от 5 сентября 1958 г.

22. Е. К. Федоров. Влияние атомных взрывов на метеорологические процессы. Журнал «Атомная энергия» № 5, 1956

23. Метеорология и атомная энергия. (Перевод с английского). Изд. иностранной литературы, 1959.

24. Атомное оружие. (Перевод с английского). Изд. иностранной литературы, 1957.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 3

Глава I. **Краткие физические основы устройства ядерного оружия** 10

1. Строение атома и его ядра —
2. Реакции, используемые в ядерном оружии . . . 17
3. Принципы устройства атомных зарядов . . . 24
4. Принципы устройства термоядерных зарядов . . 37
5. Способы боевого применения ядерного оружия . . 44
6. Явления, наблюдаемые при ядерном взрыве . . 46

Глава II. **Ударная волна ядерного взрыва** 57

1. Возникновение при взрыве воздушной ударной волны —
2. Основные свойства воздушной ударной волны . . 67
3. Определение параметров воздушной ударной волны 72
4. Взаимодействие ударных волн с преградами . . 84
5. Влияние рельефа местности на действие воздушной ударной волны 96
6. Влияние метеорологических условий на распространение и действие воздушной ударной волны . . 100
7. Ударные волны в плотных средах 105
8. Поражающее действие ударной волны 110

Глава III. **Световое излучение ядерного взрыва** . . . 120

1. Источник светового излучения ядерного взрыва —
2. Световые импульсы 140
3. Ослабление светового излучения при прохождении сквозь атмосферу 142
4. Поражающее действие светового излучения ядерного взрыва 155

Глава IV. **Общие сведения о свойствах ядерных излучений** 181

1. Радиоактивность —
2. Взаимодействие ядерных излучений с веществом 189
3. Единица измерения ионизирующего действия ядерных излучений 211
4. Методы обнаружения и измерения ядерных излучений 217

Глава V. **Проникающая радиация ядерного взрыва** . . 237

1. Гамма-излучение —
2. Нейтронная радиация 250
3. Проникающая радиация при термоядерном взрыве 253
4. Расчет толщины защитных преград 254
5. Поражающее действие проникающей радиации . . 261

Стр.

Глава VI. **Радиоактивное заражение при ядерном взрыве** 269
1. Источники излучений на радиоактивнозараженной местности —
2. Радиоактивное заражение при различных видах атомного взрыва 280
3. Радиоактивное заражение при термоядерном взрыве 299
4. Влияние метеорологических условий на степень заражения 303
5. Поражающее действие радиоактивных веществ 306

Глава VII. **Противоатомная защита войск** 310
1. Основы противоатомной защиты —
2. Коллективные и индивидуальные средства защиты 317
3. Радиационная разведка и дозиметрический контроль 325
4. Полевые дозиметрические приборы 333
5. Санитарная обработка и дезактивация 349
6. Действия на радиоактивно зараженной местности . 360

Заключение 368
Список использованной литературы 377

Анатолий Иванович Иванов, Георгий Иосифович Рыбкин
ПОРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА

Редактор *Я. М. Кадер*
Обложка художника *Е. И. Селезнева*
Технический редактор *Е. Н. Слепцова* Корректор *А. С. Мишина*

Сдано в набор 2.4.60 г. Подписано к печати 27.8.60 г.
Формат бумаги $84 \times 108^1/_{32}$ — 12 печ. л. = 19,68 усл. печ. л. 19,152 уч.-изд. л.
Г-64679.
Военное издательство Министерства обороны Союза ССР
Москва, Центр, Тверской бульвар, 18.
Изд. № 1/10029. Зак. 280.

1-я типография
Военного издательства Министерства обороны Союза ССР
Москва, К-6, проезд Скворцова-Степанова, дом 3

Цена 7 р. 25 к.

с 1.1.61 г. — 73 коп.

„НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА“

Книги массовой «Научно-популярной библиотеки» Военного издательства материалистически объясняют явления природы, знакомят с современным состоянием науки и техники по самым различным отраслям знаний, связанным с военным делом. В них популярно рассказывается, как с развитием науки и техники происходят существенные изменения в военном деле, создаются новые виды боевой техники и вооружения, меняются способы их использования в бою. Книги помогают нашим военным кадрам постоянно совершенствовать свои военные знания, овладевать новой боевой техникой, повышать бдительность и боеготовность войск. Книги написаны общедоступно и рассчитаны на широкие круги личного состава Вооруженных Сил Союза ССР, советскую молодежь и членов ДОСААФ.

ВЫШЛИ В СВЕТ В 1958 ГОДУ

1. **Е. М. Балабанов. Ядерные реакторы.** 212 стр. 3 руб. 30 коп.
2. **В. А. Михайлов. Физические основы получения атомной энергии.** 176 стр. 2 руб. 75 коп.
3. **А. П. Глушко, Л. К. Марков, Л. П. Пилюгин. Атомное оружие и противоатомная защита.** 392 стр. 5 руб. 30 коп.
4. **А. Н. Несмеянов. Радиоактивные изотопы и их применение.** 192 стр. 2 руб. 85 коп.
5. **В. Петров. Искусственный спутник Земли.** 306 стр. 5 руб. 90 коп.
6. **М. Б. Нейман, К. М. Садиленко. Термоядерное оружие.** 239 стр. 4 руб. 60 коп.
7. **Н. С. Мансуров. Наука и религия о природе.** 64 стр. 80 коп.
8. **К. Ф. Огородников. На чем Земля держится.** 40 стр. 50 коп.
9. **Б. А. Воронцов-Вельяминов. Происхождение небесных тел.** 128 стр. 1 руб. 65 коп.
10. **В. И. Громов. Из прошлого Земли.** 96 стр. 1 руб. 20 коп.
11. **В. И. Прокофьев. Возникновение религии и веры в бога.** 124 стр. 1 руб. 50 коп.
12. **П. Ф. Колоницкий. Мораль и религия.** 80 стр. 95 коп.
13. **Г. В. Платонов. Дарвинизм и религия.** 89 стр. 1 руб. 10 коп.
14. **Б. Б. Кудрявцев. О неслышимых звуках.** 144 стр. 2 руб. 35 коп.
15. **Г. А. Гурев. Научные предвидения и религиозные предрассудки.** 128 стр. 1 руб. 50 коп.

ВЫШЛИ В СВЕТ В 1959 ГОДУ

1. **Я. Г. Вараксин. Радиоэлектроника в военном деле.** 288 стр. 5 руб. 90 коп.
2. **П. Ф. Колоницкий. Марксизм-ленинизм о религии.** 124 стр. 1 руб. 50 коп.
3. **К. Л. Воропаева. Жил ли Христос?** 112 стр. 1 руб. 40 коп.
4. **Д. И. Сидоров. О христианских праздниках, постах и обрядах.** 208 стр. 2 руб. 55 коп.

5. **Ф. К. Меньшиков. Алкоголизм — враг здоровья.** 72 стр. 1 руб. 25 коп.

6. **И. А. Науменко. Атомные силовые установки.** 192 стр. 3 руб. 15 коп.

7. **А. А. Жуховицкий. Меченые атомы.** 116 стр. 1 руб. 75 коп.

8. **Ф. В. Майоров. Электронные вычислительные машины и их применение.** 240 стр. 4 руб. 70 коп.

9. Сб. статей. **Атомная энергия в авиации и ракетной технике.** 504 стр. 8 руб. 60 коп.

10. Сб. статей. **Атомная энергия и флот.** 240 стр. 4 руб. 60 коп.

11. **А. Н. Пономарев. Современная реактивная авиация.** 260 стр. 5 руб.

12. **И. В. Стрельчук. Пьянство губит человека.** 86 стр. 1 руб. 35 коп.

13. **Г. И. Покровский. Наука и техника в современных войнах.** 140 стр. 2 руб. 35 коп.

14. **В. А. Мезенцев. Религиозные суеверия и их вред.** 228 стр. 2 руб. 80 коп.

15. **А. И. Опарин. Происхождение жизни.** 129 стр. 1 руб. 60 коп.

16. **В. И. Прокофьев. Знание и вера в бога.** 159 стр. 2 руб. 40 коп.

17. **Н. А. Ильин. Наука и религия о жизни и смерти.** 64 стр. 80 коп.

18. **А. Ф. Буянов. Материалы настоящего и будущего.** 244 стр 4 руб. 75 коп.

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ И ПОСТУПЯТ В ПРОДАЖУ

П. Т. Асташенков. Ракетные войска — главный вид Вооруженных Сил СССР.

Б. В. Ляпунов. Ракета.

А. А. Космодемьянский. К. Э. Циолковский — его жизнь и работы по ракетной технике.

Н. П. Петров и В. П. Сырнев. Радиоактивные излучения и их измерения.

Л. А. Беликов. Бактериологическое оружие и способы защиты от него.

В. А. Бирюков. Применение брони в военном деле.

М. К. Шевчук. Зажигательные средства и способы защиты от них.

Г. Г. Громоздов и А. А. Подрудков. Как сохранить здоровье.

А. В. Воропай. Пьянство и борьба с ним.

В. Е. Рожнов. Пьянство — общественное зло.

Ф. И. Долгих. Коммунистическое воспитание и преодоление религиозных пережитков.

Л. И. Великович. С крестом и атомной бомбой.

Д. И. Сидоров. Война и религия.

Н. Н. Розенталь. Христианство, его происхождение и сущность.

Ф. И. Гаркавенко. Что такое религиозное сектантство.

В. И. Прокофьев. Две морали (мораль религиозная и мораль коммунистическая).

А. Греков и Г. Никитин. Солдат пришел со службы (из строя военного в строй трудовой).

В. А. Мезенцев. Предвидение науки и пророчества религии.

К. И. Беляев. Быт и религия.

Н. С. Мансуров. Наука и религия о психической деятельности.

Перечисленные выше книги можно приобрести в книжных киосках и магазинах «**Военная книга**», библиотечных коллекторах и книжных киосках Управлений торговли военных округов и флотов.

Вышедшие из печати и поступившие в продажу книги Военного издательства можно приобрести по почте, направив заказ

„ВОЕННАЯ КНИГА — ПОЧТОЙ"

по одному из следующих адресов:

Владивосток, Ленинская, 18.
Воронеж, пр. Революции, 26/28.
Киев, Красноармейская, 10.
Ленинград, Невский, 20.
Львов, ул. Горького, 5.
Минск, ул. Куйбышева, 24.
Москва, Г-2, Арбат, 21.
Мурманск, пр. Сталина, 25.
Новосибирск, Красный проспект, 23.
Баку, ул. 28 апреля, 36.
Рига, ул. Б. Смилшу, 16.
Петрозаводск, ул. Гоголя, 22.
Североморск, ул. Сафонова, 14.
Одесса, Дерибасовская, 13.
Ростов-на-Дону, Буденновский, 103.
Свердловск, ул. Малышева, 31.
Ташкент, ул. Ленина, 94.
Тбилиси, пл. Ленина, 4.
Хабаровск, ул. Серышева, 11.
Чита, ул. Ленина, 110.

Книги высылаются без задатка наложенным платежом, т. е. с оплатой книг на почте при их получении. Стоимость почтовой пересылки относится за счет заказчика.

(Для получения книг в адрес полевой почты следует перевести деньги вперед, для чего предварительно запросить «Военная книга — почтой» о стоимости книг и пересылки).

К ЧИТАТЕЛЯМ!

Просим присылать свои отзывы на эту книгу по адресу: Москва, Б-140, Нижняя Красносельская, 4. Военное издательство.

Цена 7 р. 25 к.

с 1.1.1961 г. — 73 коп.



Как действовать в условиях применения ядерного, химического и бактериологического оружия

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ СССР

КАК ДЕЙСТВОВАТЬ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНОГО, ХИМИЧЕСКОГО И БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

ПОСОБИЕ СОЛДАТУ И МАТРОСУ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
МОСКВА—1963


ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ ИЗВЕСТНО В ВИДЕ
баллистических
и крылатых ракет
авиационных бомб
артиллерийских снарядов и мин
торпед и глубинных бомб

Рис. 2

ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ МОЖЕТ НАНОСИТЬ ПОРАЖЕНИЯ



Рис. 3


ВИДЫ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ
ВОЗДУШНЫЙ
НАЗЕМНЫЙ
ПОДЗЕМНЫЙ
ПОДВОДНЫЙ
Взрыв в воздухе на такой высоте, при которой светящаяся область не касается поверхности земли
Взрыв, при котором светящаяся область касается поверхности земли
Взрыв под землей
Взрыв под водой

Рис. 4

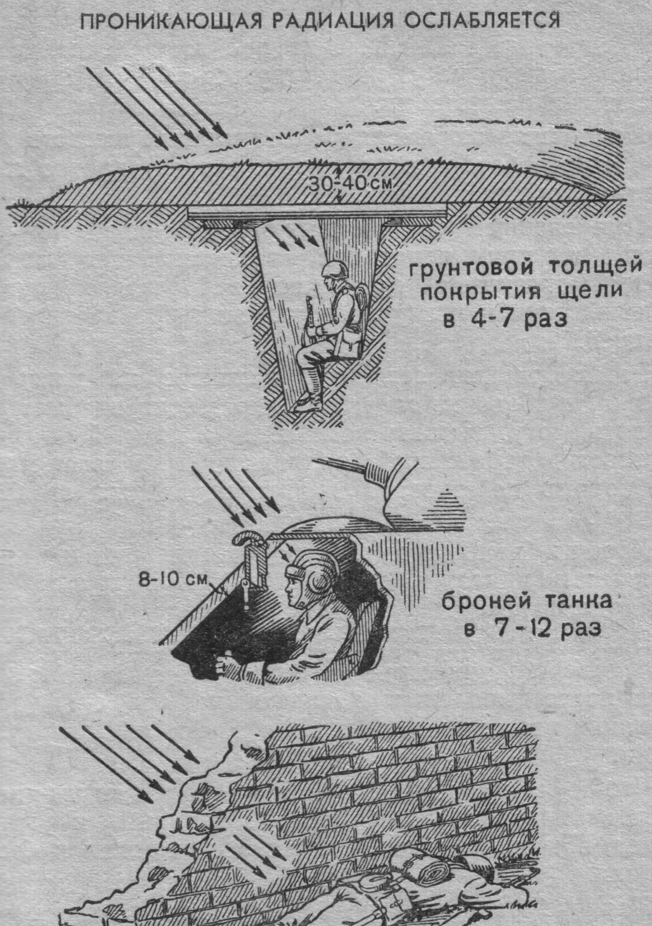

ПРОНИКАЮЩАЯ РАДИАЦИЯ ОСЛАБЛЯЕТСЯ
30-40 см
грунтовой толщей покрытия щели в 4-7 раз
8-10 см
броней танка в 7-12 раз
кирпичной стеной толщиной 50 см - в 12 раз

Рис. 10

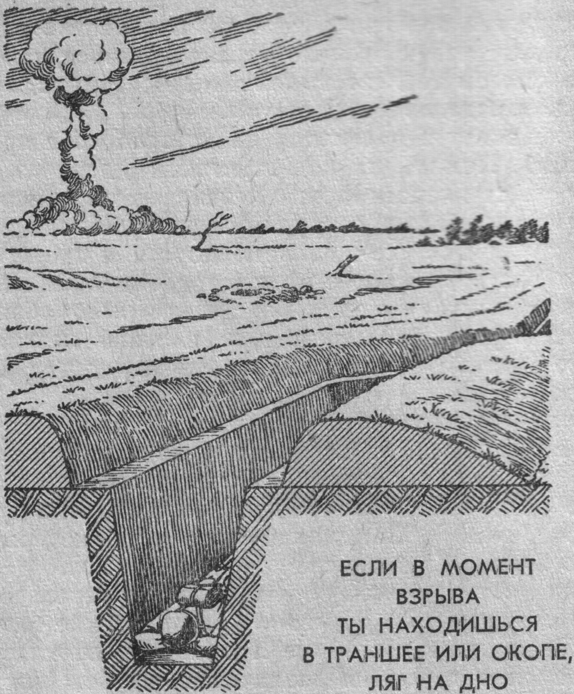


Рис. 26

к ней спиной и ляг на землю, лицом вниз, подними воротник шинели, а кисти рук спрячь под себя (рис. 27). Лежа ты в меньшей степени будешь подвержен воздействию ударной волны, а закрыв лицо, шею и руки, ты предохранишь себя от ожогов световым излучением. Во всех случаях при ядерном взрыве плотно закрой глаза, чтобы избежать ослепления и возможной потери зрения.

Для танкистов лучшей защитой в бою является танк. Его броня полностью защищает экипаж от светового излучения и значительно ослабляет воздействие ударной волны, проникающей радиации и радиоактивных веществ. По вспышке ядерного взрыва нужно быстро закрыть люки и прикрыть жалюзи. Кроме того, надо плотно прислониться к стенке корпуса или к другой части танка и держаться руками за выступающие детали; это

ЕСЛИ ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ ЗАСТАЛ ТЕБЯ В ДОМЕ, ЛОЖИСЬ К ПРОСТЕНКУ

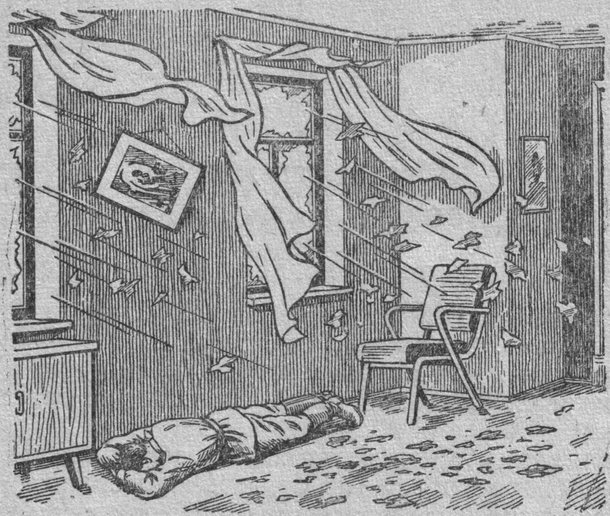


Рис. 43

Если в результате ядерного взрыва возник пожар, в первую очередь выведи в безопасное место танк, ракетную установку, бронетранспортер, автомобиль и другую технику и приведи ее в готовность для продолжения марша. В случае заражения занимаемого района вопрос о дальнейшем пребывании в нем решает командир.

При расположении на отдых в населенном пункте не ставь машину близко к легковозгораемым постройкам, стогам сена, соломы и т. п.

☆

5 Зак. 522

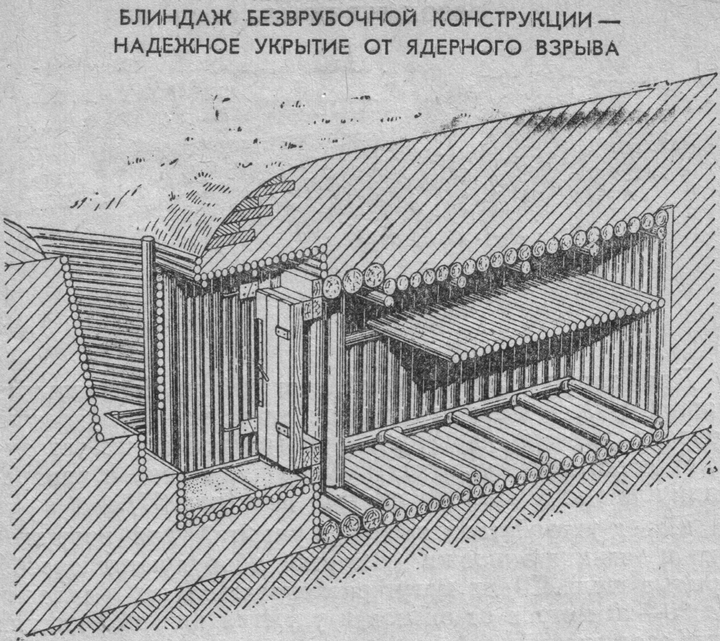


Рис. 55

робки хорошо утрамбуй. Тщательно заделай все щели, используя для этого ветошь, мох и другие подручные материалы, чтобы ударная волна, радиоактивные, отравляющие вещества и бактериальные средства не могли проникнуть внутрь сооружения.

Если есть время и материалы, укрепи крутости траншеи (хода сообщения) перед входом в блиндаж или убежище на участке длиной не менее двух метров. Это предохранит вход от заваливания при ядерном взрыве.

§ 23. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ

Для танков, самоходно-артиллерийских установок, орудий, бронетранспортеров отрывают окопы. Они обеспечивают необходимые условия для стрельбы, защищают боевую технику от различных средств поражения. На рис. 56 для примера показан общий вид танкового окопа.

ОКОП ДЛЯ ТАНКА

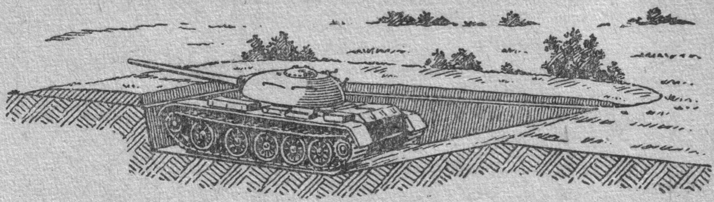
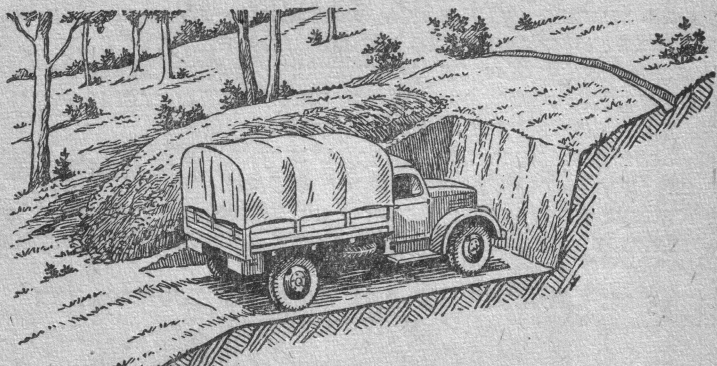


Рис. 56

Для защиты автомобилей, тягачей и специальных машин прежде всего используют естественные укрытия (овраги, выемки, карьеры). При отсутствии их устраивают простейшие укрытия котлованного типа с аппарелями или в виде врезок в скаты высот (рис. 57).

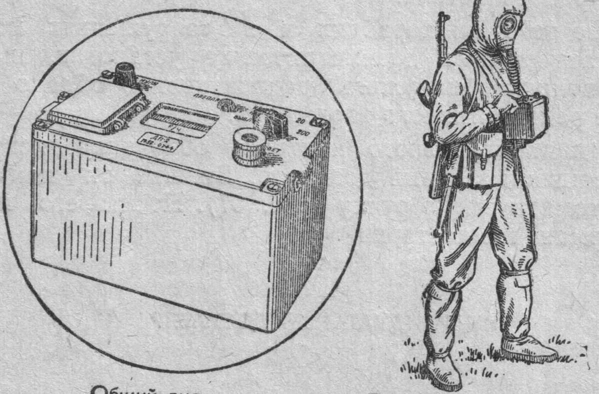
Перед устройством окопов и укрытий для вооружения и техники экипажи (расчеты) оборудуют для себя крытые щели. Щели могут располагаться на удалении до 30—40 метров от окопов и укрытий или в крутостях этих сооружений.



УКРЫТИЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ

Рис. 57

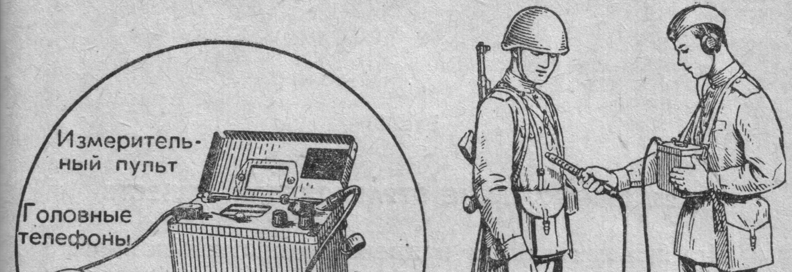
РЕНТГЕНМЕТР



Общий вид — Положение при измерении уровня радиации на местности

Рис. 59

РАДИОМЕТР



Общий вид — Положение при измерении

Рис. 60

УМЕЙ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ПОВРЕЖДЕННЫМ ПРОТИВОГАЗОМ

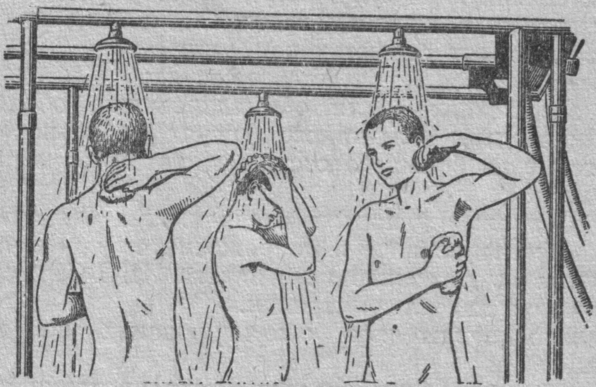


Рис. 74

§ 34. ПОЛНАЯ САНИТАРНАЯ ОБРАБОТКА

Полной санитарной обработке личный состав подвергается после того, как он обработал свое оружие, вооружение, технику, обмундирование, снаряжение и обувь.

При заражении радиоактивными и отравляющими веществами полная санитарная обработка заключается в тщательном мытье всего тела (желательно теплой водой с мылом) под душем (рис. 88) или в незараженном водоеме (рис. 89).



ПОЛНАЯ САНИТАРНАЯ ОБРАБОТКА ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ТЩАТЕЛЬНОМ МЫТЬЕ ВСЕГО ТЕЛА ПОД ДУШЕМ

Рис. 88



ИЛИ В НЕЗАРАЖЕННОМ ВОДОЕМЕ (РЕКЕ)

Рис. 89

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКТ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

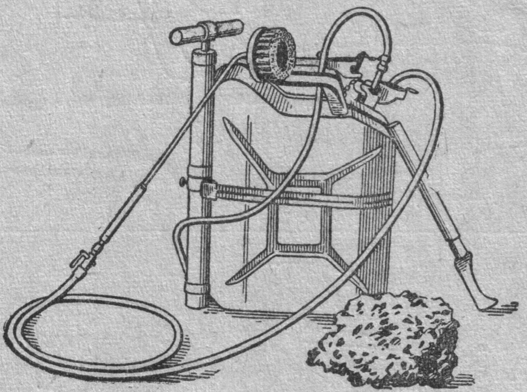


Рис. 92

ГРУППОВОЙ КОМПЛЕКТ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

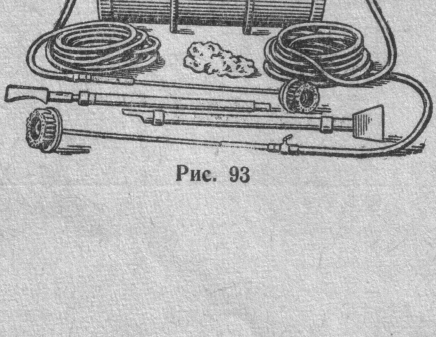


Рис. 93

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Раздел первый. **Что нужно знать о ядерном, химическом и бактериологическом оружии**

Глава первая. **Ядерное оружие** 5

§ 1. Что такое ядерное оружие —
§ 2. Особенности ядерного взрыва 8
§ 3. Виды ядерных взрывов 10
§ 4. Внешняя картина ядерного взрыва —
§ 5. Поражающие факторы ядерного взрыва 15

Глава вторая. **Химическое оружие** 22

§ 6. Что такое химическое оружие —
§ 7. Стойкие и нестойкие отравляющие вещества 23
§ 8. Поражающее действие отравляющих веществ . . . 24

Глава третья. **Бактериологическое оружие** 34

§ 9. Что такое бактериологическое оружие —
§ 10. Как может осуществляться бактериологическое нападение . 36
§ 11. Как заражается человек в случае применения противником бактериологического оружия —

Раздел второй. **Как действовать в условиях применения ядерного, химического и бактериологического оружия**

Глава четвертая. **Как действовать в наступательном бою** 41

§ 12. Действия при подготовке к наступлению —
§ 13. Действия в ходе наступления 47

Глава пятая. **Как действовать в обороне** 54

§ 14. Действия при подготовке обороны —
§ 15. Действия в ходе оборонительного боя 56

Глава шестая. **Как действовать на марше** 60

§ 16. Действия при движении —
§ 17. Действия на привале (отдыхе) 63

Глава седьмая. **Как действовать матросу на корабле** . . 66

§ 18. При подготовке корабля к бою и походу —
§ 19. По боевой тревоге —
§ 20. По химической тревоге 71

Стр.

Раздел третий. **Чем достигается защита от ядерного, химического и бактериологического оружия**

Глава восьмая. **Инженерные сооружения** 73

§ 21. Окопы для стрелкового оружия, траншеи, ходы сообщения . 74
§ 22. Щели, блиндажи, убежища 77
§ 23. Сооружения для защиты вооружения и техники . . 79

Глава девятая. **Обнаружение радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств** 82

§ 24. Обнаружение радиоактивных веществ —
§ 25. Обнаружение отравляющих веществ 84
§ 26. Обнаружение бактериальных средств 87
§ 27. Знаки ограждения 88

Глава десятая. **Индивидуальные средства защиты** . . . 91

§ 28. Противогаз 92
§ 29. Средства защиты кожи 98

Глава одиннадцатая. **Как предохранить себя от заболеваний** . 102

§ 30. Санитарно-гигиенические мероприятия —
§ 31. Предохранительные мероприятия 105

Глава двенадцатая. **Санитарная обработка, дезактивация, дегазация и дезинфекция** 106

§ 32. Что такое санитарная обработка, дезактивация, дегазация, дезинфекция и когда они проводятся —
§ 33. Как провести частичную санитарную обработку . . 107
§ 34. Полная санитарная обработка 112
§ 35. Дезактивация, дегазация и дезинфекция вооружения, техники, обмундирования, снаряжения и позиций . . 113
§ 36. Уничтожение насекомых, клещей и грызунов . . . 123

☆

КАК ДЕЙСТВОВАТЬ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНОГО, ХИМИЧЕСКОГО И БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Пособие солдату и матросу

М., Воениздат, 1963. 128 стр.

Под наблюдением редактора полковника *Горчакова А. Д.*
Технический редактор *Кузьмин И. Ф.*
Корректор *Перебитюк Е. В.*

Сдано в набор 2.7.62 г. Подписано к печати 11.10.62 г.
Г-86189.
Формат бумаги 84×108[1]/[32] — 4 печ. л. = 6,56 усл. печ. л. 5,763 уч.-изд. л.
Изд. № 5/4904. *Продаже не подлежит* Зак. 522

Отпечатано с матриц во 2-й типографии Военного издательства
Министерства обороны СССР
Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10

ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
СССР

THE EFFECTS OF NUCLEAR WEAPONS

REVISED EDITION

April — 1962

ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Перевод с английского

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
Москва — 1965

Действие ядерного оружия (перевод с английского)
Издание 2-е, исправленное

Книга «Действие ядерного оружия» подготовлена к изданию в 1962 году министерством обороны США при участии ряда других американских правительственных учреждений и ведомств.

В книге изложены физические основы ядерных взрывов и дана их классификация. Подробно рассмотрены основные особенности явлений, связанных с воздушными, наземными (надводными) и подземными (подводными) ядерными взрывами и представлены некоторые сведения о высотных и глубоководных взрывах.

Большое место отведено описанию свойств каждого из поражающих факторов ядерного взрыва: ударной волны, светового излучения и всех видов ядерного излучения. Приведены данные о зависимости величины максимального избыточного давления и скоростного напора ударной волны от высоты взрыва и расстояния до его эпицентра. Рассказывается об источниках и свойствах так называемого остаточного ядерного излучения, и, в частности, излагаются принципы прогнозирования вероятных районов заражения в результате выпадения радиоактивных продуктов взрыва и показаны методы определения допустимого времени пребывания в зараженном районе.

Публикуются данные о влиянии ядерных взрывов на работу радио- и радиолокационных средств. Рассмотрены основные принципы защиты от действия ядерного оружия. Сведения о воздействии поражающих факторов ядерного взрыва на людей, боевую технику и различные сооружения уточнены данными, полученными в ходе испытаний и исследовательских работ, которые были проведены в последние годы.

Интерес представляют приводимые в книге сведения о способах обнаружения ядерных взрывов и об обеспечении безопасности при обращении с ядерными боеприпасами.

Книга иллюстрирована фотографиями, рисунками и таблицами.

Научный редактор кандидат технических наук
полковник **Дмитриев П. С.**

ВВЕДЕНИЕ

Когда книга «Действие атомного оружия» была издана в 1950 году, мощность существовавших в то время атомных бомб была эквивалентна нескольким тысячам тонн (килотонн) тротила. Поэтому описание атомных взрывов и их поражающего действия основывалось на результатах взрыва так называемой «номинальной бомбы», мощность которой была эквивалентна 20 килотоннам тротила. С развитием термоядерного (водородного) оружия, при взрыве которого выделяется энергия, равная энергии взрыва нескольких миллионов тонн (мегатонн) тротила, возникла необходимость переиздать книгу «Действие ядерного оружия» в новом варианте. Вариант этой книги, вышедший в свет в 1957 году, содержал наиболее полные имевшиеся в то время данные о действии ядерного оружия мощностью около 20 мегатонн на человека и различные материалы.

Известно, что существует возможность создания ядерного оружия мощностью свыше 20 мегатонн. Однако в настоящей книге, как и в первом ее издании, рассматривается предельная мощность в 20 мегатонн тротилового эквивалента. Вероятное действие ядерного оружия большей мощности можно оценить с помощью законов подобия. Используя их с определенными оговариваемыми ниже ограничениями, можно рассчитать предполагаемое действие ядерного взрыва любой заданной мощности.

В настоящее, переработанное издание внесены значительные изменения как по существу содержащихся сведений, так и по форме их изложения. Материал по защите от ядерных взрывов написан заново, и в нем изложены принципы, на основе которых строится эта защита. В связи с этим многочисленные сведения о действии ядерного оружия излагаются в книге в простой табличной форме, удобной для использования в качестве справочного материала. В книгу включена новая глава о действии ядерного оружия на средства радиосвязи и радиолокации, а в приложении приводятся правила безопасности при обращении с ядерным оружием и методы обнаружения ядерных взрывов на больших расстояниях.

Хотя при составлении книги было сделано все возможное, чтобы включить в нее наиболее точные сведения, следует все же учитывать наличие некоторых неизбежных погрешностей в тех местах

текста, где приводятся цифровые данные. Например, практически неизбежны некоторые неточности при измерении параметров поражающих факторов ядерного взрыва. Результаты часто зависят от условий, которые трудно, а иногда и невозможно проконтролировать даже во время испытаний, и они, безусловно, окажутся непредвиденными при ядерном нападении. Кроме того, два ядерных боеприпаса различной конструкции могут иметь одну и ту же мощность, но их действия при взрыве будут заметно отличаться друг от друга. При наличии таких особенностей в тексте сделаны оговорки как в отношении приводимых данных, так и в отношении соответствующих законов подобия.

Внешняя картина распространения ударной волны в воздухе или воде и волны сжатия в грунте, светового (теплового) и ядерного излучений, возникающих в результате ядерного взрыва, очень сложна. Поэтому описание этих явлений и их действия является в некотором отношении узким, специальным вопросом. Однако настоящая книга составлена таким образом, чтобы удовлетворить запросы наиболее широкого круга читателей. С этой целью бо́льшая часть глав книги разбита на две части. Первая часть состоит из общих положений, в которых рассматриваются определенные вопросы в менее специальном плане; во второй части рассматриваются некоторые вопросы, имеющие специальный характер. Материал книги подобран таким образом, что при пропуске какого-либо или всех узких специальных разделов последовательность изложения материала не нарушается. Авторы надеются, что такой порядок изложения, который был соблюден также в предыдущем издании, даст возможность широкому кругу читателей хорошо усвоить каждую рассматриваемую в книге проблему, не прибегая к необходимости изучения узких специальных вопросов, с которыми им, возможно, не придется сталкиваться в практической деятельности. С другой стороны, в книге имеется много специальных данных, которые могут быть использованы архитекторами, строителями, медицинскими работниками и другими специалистами, связанными в своей работе с планированием военных мероприятий.

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВАХ

ОСОБЕННОСТИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Введение

1.01. Взрыв происходит в результате весьма быстрого выделения большого количества энергии в ограниченном пространстве. Это справедливо как для обычных взрывчатых веществ, например тротила, так и для ядерного (атомного) взрыва [1], хотя выделяющаяся при этом энергия имеет совершенно другое происхождение (п. 1.10). Внезапное выделение энергии вызывает значительное повышение температуры и давления, поэтому все продукты взрыва превращаются в нагретые и сильно сжатые газы. Имея высокую температуру и находясь под значительным давлением, эти газы быстро расширяются и создают в окружающей среде — воздухе,

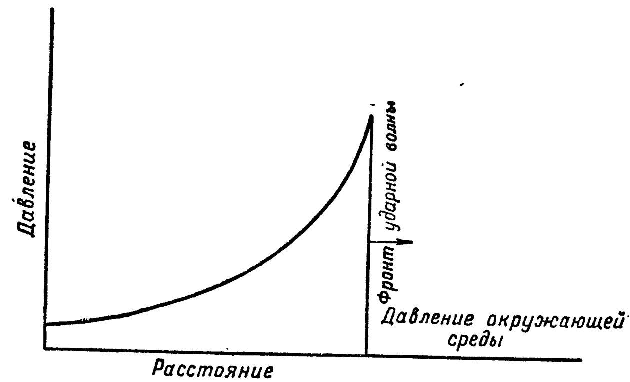


Рис. 1.01. Изменение давления в ударной волне в зависимости от расстояния

[1] Термины «ядерный» и «атомный» могут применяться как синонимы, когда речь идет об оружии или взрывах, однако в данном случае более подходит термин «ядерный» по причинам, изложенным в п. 1.10.

воде или грунте — ударную волну или волну сжатия. Особенностью ударной волны является внезапное повышение давления во фронте с постепенным спадом за ним, как это показано на рис. 1.01. Термин «ударная волна» обычно употребляют для описания явлений, происходящих при взрыве в воздухе или в воде, когда взрыв происходит в грунте, обычно употребляют термин «волна сжатия», так как ее действие проявляется в виде внезапного толчка.

1.02. Ядерная бомба тем похожа на бомбу, снаряженную обычным взрывчатым веществом, что ее разрушающее действие обусловлено главным образом действием ударной волны или волны сжатия. Однако между ядерной бомбой и бомбой, снаряженной обычным взрывчатым веществом, имеется несколько существенных различий. Во-первых, ядерный взрыв по своей мощности может в несколько тысяч или миллионов раз превосходить взрыв даже самой большой авиационной бомбы, снаряженной обычным взрывчатым веществом. Во-вторых, при ядерном взрыве значительная часть энергии, обычно называемая световым излучением, выделяется в виде света и тепла. Световое излучение способно вызывать ожоги и пожары на значительном расстоянии от места взрыва. В-третьих, ядерный взрыв сопровождается испусканием вредных невидимых лучей, обладающих высокой проникающей способностью и называемых начальным ядерным излучением. Наконец, вещества, остающиеся после ядерного взрыва, являются радиоактивными, т. е. в течение длительного времени испускают вредные излучения. Эти ядерные излучения обычно называют остаточными излучениями или остаточной радиоактивностью (рис. 1.02).

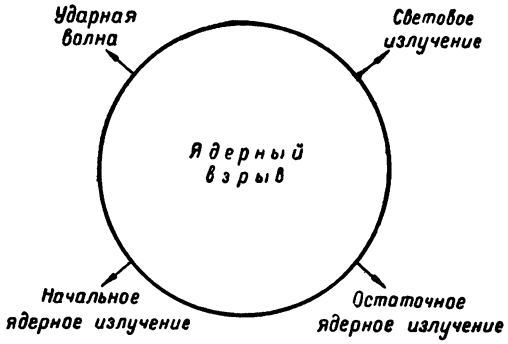


Рис. 1.02. Поражающие факторы ядерного взрыва

1.03. Ввиду коренных различий, существующих между ядерным взрывом и взрывом обычного взрывчатого вещества, а также ввиду несравнимо большей мощности ядерного взрыва по сравнению с обычным взрывом действие ядерного оружия необходимо рассмотреть особо. В связи с этим важное значение приобретает знание и понимание физических процессов, связанных с ядерным взрывом.

1.04. Целью настоящей книги является рассмотрение различных форм выделения энергии при ядерном взрыве, способов ее распространения и действия на человека и различные материалы. В тех местах книги, где приводятся цифровые данные, характеризующие отдельные поражающие факторы ядерного взрыва, следует учитывать неизбежность некоторых погрешностей. Эти погрешности объясняются двумя причинами. Во-первых, практически невозможно произвести точные измерения параметров поражающих факторов ядерного взрыва. Во-вторых, действие взрыва двух ядерных бомб одинаковой мощности может быть различным из-за различий в составе ядерного взрывчатого вещества и в самой конструкции бомб.

1.05. Выражается надежда, что содержащиеся в книге сведения помогут лицам, ответственным за планирование военных мероприятий, в том числе мероприятий по защите людей, сооружений и материалов от воздействия ядерных взрывов во время войны. Кроме того, рассматриваемые в книге данные могут быть использованы архитекторами и строителями при проектировании сооружений, обладающих повышенной сопротивляемостью разрушающему действию ударной волны, волны сжатия и пожарам, а также обеспечивающих защиту от ядерных излучений.

Строение атомов и изотопы

1.06. Все вещества состоят из одной или нескольких простых частиц, называемых элементами; общее число элементов — около девяноста. Наиболее известными элементами являются газы — водород, кислород и азот; твердые неметаллы — углерод, сера и фосфор; металлы — железо, медь и цинк. Менее известным элементом является уран, который в последние годы приобрел большое значение в связи с использованием его в качестве сырья для получения атомной (ядерной) энергии. В обычных условиях уран представляет собой твердый металл.

1.07. Наименьшая частица любого элемента, способная самостоятельно существовать, сохраняя при этом свойства этого элемента, называется атомом. Следовательно, существуют атомы водорода, железа, урана и всех прочих элементов. Атом водорода является самым легким, а атом урана — самым тяжелым из всех атомов, встречающихся в природе. Еще более тяжелые атомы, например атомы плутония, также имеющего большое значение для получения ядерной энергии, были получены из атомов урана искусственным путем.

1.08. Каждый атом состоит из относительно тяжелой центральной частицы — ядра, вокруг которого вращаются легкие частицы, называемые электронами. Само ядро состоит из определенного числа элементарных частиц, называемых протонами и нейтронами. Эти две частицы обладают почти одинаковыми массами, но отличаются друг от друга тем, что протон несет единичный заряд положительного электричества, а нейтрон, как показывает само название, не имеет электрического заряда, т. е. он нейтрален. Ввиду наличия в ядре протонов оно имеет положительный заряд, однако

при нормальном состоянии атома этот заряд уравновешен отрицательным зарядом электронов, окружающих ядро.

1.09. Основное различие между атомами различных элементов заключается в числе протонов, имеющихся в ядрах; это число называется атомным номером элемента. Например, каждое ядро атома водорода содержит только один протон, ядро атома гелия — два протона, ядро атома урана — 92 протона, а ядро атома плутония — 94 протона. Хотя ядра всех атомов данного элемента содержат одинаковое число протонов, они могут иметь различное число нейтронов. Разновидности атомов, имеющих одинаковый атомный номер, но отличающихся своей массой, называются изотопами данного элемента. Большинство элементов (кроме примерно двадцати) встречаются в природе в виде двух или более изотопов. Различными искусственными способами было получено много других изотопов, являющихся неустойчивыми, т. е. радиоактивными.

Высвобождение ядерной энергии. Реакции деления и синтеза

1.10. Как было указано в п. 1.01, взрыв происходит в результате очень быстрого выделения большого количества энергии. При обычном взрыве эта энергия выделяется в результате химических реакций, во время которых происходит перераспределение атомов, например атомов водорода, углерода, кислорода и азота, содержащихся в химических взрывчатых веществах. При ядерном же взрыве энергия выделяется в результате образования взаимодействующих друг с другом ядер различных атомов за счет перераспределения в них протонов и нейтронов. Таким образом, то, что обычно называется атомной энергией, в действительности является ядерной энергией, поскольку она выделяется в результате определенных ядерных превращений. Поэтому атомное оружие правильнее всего называть ядерным оружием. Силы, действующие между протонами и нейтронами в атомных ядрах, несравненно больше сил, действующих между самими атомами, поэтому количество энергии, выделяющейся при взрыве ядерного взрывчатого вещества, значительно больше количества энергии, выделяющейся при взрыве равной массы обычного (или химического) взрывчатого вещества.

1.11. Известно много ядерных процессов, однако не все они сопровождаются выделением энергии. Существует определенная эквивалентная зависимость между массой и энергией: когда при ядерной реакции происходит уменьшение массы, оно сопровождается выделением определенного количества энергии, взаимосвязанного с этим уменьшением массы. Такое изменение массы в действительности отражает различие энергий связи частиц в различных атомных ядрах. Один из основных законов природы состоит в том, что превращение любой системы, в которой ее составные части имеют меньшую энергию связи, в систему с большей энергией связи ее составных частей должно сопровождаться выделением энергии и соответствующим уменьшением массы.

1.12. Кроме уменьшения массы, как необходимого условия протекания ядерных процессов, требуется также, чтобы ядерная реакция, сопровождающаяся выделением энергии, достаточной для возникновения взрыва, раз начавшись, была бы самоподдерживающейся. Условию быстрого выделения больших количеств энергии могут удовлетворить два типа ядерных превращений, известных под названием «деление» и «синтез». Процесс деления происходит при реакциях, в которых участвуют некоторые из наиболее тяжелых ядер (т. е. ядер, имеющих большой атомный номер); процесс же синтеза происходит при реакциях, в которых участвуют некоторые из наиболее легких ядер (т. е. ядер, имеющих малый атомный номер).

1.13. Для осуществления ядерных взрывов посредством реакции деления используются определенные изотопы элементов урана и плутония. Природный уран встречается в виде двух изотопов — урана-235 и урана-238. Уран-235, встречающийся в природе в гораздо меньшем количестве, чем уран-238, является готовым делящимся веществом, используемым в ядерном оружии. Элемент плутоний не встречается в природе в готовом виде, а его делящийся изотоп — плутоний-239 получается искусственным путем. Когда свободный (т. е. несвязанный) нейтрон проникает в ядро атома, способного делиться, он может вызвать расщепление этого ядра на две части. Это и есть процесс деления, который сопровождается выделением большого количества энергии. Образующиеся при этом меньшие (т. е. более легкие) ядра называются продуктами деления. При полном делении ядер атомов, содержащихся в одном килограмме урана или плутония, выделяется столько же энергии, сколько ее высвобождается при взрыве 20 тыс. т тротила.

1.14. В ядерной реакции синтеза два легких ядра соединяются (сливаются) вместе и образуют ядро более тяжелого атома. Примером такой реакции является синтез изотопов водорода, известных под названием дейтерия или тяжелого водорода. При определенных условиях ядра двух атомов дейтерия могут соединиться и образовать ядро атома более тяжелого элемента — гелия с выделением энергии.

1.15. Ядерные реакции синтеза могут быть осуществлены лишь при очень высоких температурах, поэтому они называются термоядерными реакциями. При данной массе реагирующего вещества количество практически высвобождаемой энергии зависит от того, какой именно изотоп (или изотопы) участвует в ядерной реакции синтеза. Например, при синтезе всех ядер, содержащихся в 1 кг изотопа водорода — дейтерия, выделилось бы примерно столько же энергии, сколько ее выделяется при взрыве 57 тыс. т тротила.

1.16. При определенных реакциях синтеза, в которых участвуют ядра изотопов водорода, освобождаются нейтроны высокой энергии (п. 1.68). Эти нейтроны могут вызвать деление ядер урана-238,

содержащегося в большом количестве в природном уране, а также ядер урана-235. Следовательно, совмещение определенных реакций синтеза с реакциями деления, в которых используется природный уран, может повлечь за собой широкое использование природного урана для высвобождения энергии. Поэтому устройство, в котором сочетаются реакции деления и синтеза, может дать взрыв большой мощности. В среднем примерно половина энергии, высвобождаемой при взрыве ядерного оружия подобного типа, приходится на реакцию деления и половина — на реакцию синтеза.

1.17. Иногда делают различие между атомным оружием, в котором энергия выделяется в результате реакции деления ядер, и водородным (термоядерным) оружием, в котором энергия выделяется за счет реакции синтеза. Однако и в том и в другом случае энергия взрыва выделяется в результате ядерных реакций, поэтому оба вида оружия правильнее называть ядерным (или атомным) оружием. В связи с этим в данной книге будут использоваться более общие термины — «ядерная бомба» и «ядерное оружие», независимо от типа ядерной реакции, в результате которой выделяется энергия взрыва.

Количество энергии, выделяемой при ядерном взрыве

1.18. Мощность ядерного оружия определяется общим количеством высвобождаемой при ядерном взрыве энергии, сравниваемой с энергией, выделяющейся при взрыве эквивалентного количества тротила. Так, ядерной бомбой мощностью в 1 килотонну называется такая бомба, при взрыве которой выделяется такое же количество энергии, как и при взрыве 1 килотонны тротила. Точно так же при взрыве 1-мегатонной бомбы выделяется энергия, эквивалентная энергии взрыва 1 млн. т (1000 килотонн) тротила. При взрыве первых образцов ядерных бомб, например бомб, сброшенных на Японию в 1945 году, или таких, какие применялись во время ядерных испытаний на атолле Бикини в 1946 году, выделялось примерно такое же количество энергии, как и при взрыве 20 тыс. т (20 килотонн) тротила. С тех пор было создано ядерное оружие большей мощности, с тротиловым эквивалентом порядка нескольких мегатонн.

1.19. В п. 1.13 указывалось, что полное деление ядер атомов, содержащихся в 1 кг урана или плутония, сопровождается выделением энергии, эквивалентной энергии взрыва 20 тыс. т тротила. Это означает, что при взрыве ядерной бомбы мощностью 20 тыс. т делению подвергается 1 кг делящегося вещества. Однако действительное количество урана или плутония, содержащегося в такой бомбе, превышает 1 кг. Другими словами, при взрыве ядерной бомбы только часть содержащегося в ней делящегося вещества подвергается делению. Поэтому обычно говорят, что коэффициент полезного действия ядерной бомбы меньше 100%.

Световое излучение

1.20. Выше указывалось, что одним из существенных различий между ядерным взрывом и взрывом обычного (химического) взрывчатого вещества является выделение значительного количества энергии при ядерном взрыве в виде светового излучения. Основная причина этого различия состоит в том, что при равном количестве делящегося и обычного взрывчатых веществ количество энергии, выделяющейся в результате ядерного взрыва, превышает в миллионы раз количество энергии, высвобождающейся при обычном химическом взрыве. Соответственно этому и температура взрыва в первом случае намного выше, чем температура взрыва во втором случае. Например, при ядерном взрыве температура достигает нескольких десятков миллионов градусов, а при обычном взрыве всего нескольких тысяч градусов. Из-за такой большой разницы в температурах наблюдается существенное различие и в распределении энергии взрыва в первом и втором случаях.

1.21. Вообще говоря, энергия взрыва может быть разделена на три вида — кинетическую (или тепловую), т. е. энергию движения электронов, атомов и молекул в целом, энергию внутренних связей этих частиц и энергию светового излучения. Доля энергии светового излучения быстро увеличивается с возрастанием температуры. При умеренных температурах, возникающих при обычных химических взрывах, количество энергии светового излучения сравнительно невелико, и поэтому почти вся энергия, высвобождающаяся в процессе взрыва, представляет собой кинетическую энергию и энергию внутренней связи частиц. Эти виды энергии почти полностью превращаются в механическую энергию ударной волны и волны сжатия в той последовательности, как об этом сказано в п. 1.01. Однако при ядерных взрывах значительная часть высвобождающейся энергии из-за гораздо больших температур выделяется в виде светового излучения. Механизм выделения энергии светового излучения описывается ниже (п. 1.73 и др.). Ударная волна образуется при ядерном взрыве точно так же, как и при обычном взрыве.

Распределение энергии при ядерных взрывах

1.22. Количество энергии при ядерном взрыве, которая проявляется на определенном расстоянии от места взрыва в виде энергии светового излучения, зависит от типа ядерного боеприпаса и особенно от среды, в которой происходит взрыв. При взрыве в атмосфере на высоте менее 30 тыс. м это количество составляет примерно 30—40% общего количества энергии взрыва. Для простоты расчетов в данной книге принято, что на долю энергии светового излучения приходится 35% суммарной энергии взрыва. При этих условиях около 50% энергии деления ядер приходится на образование ударной волны (рис. 1.22). На бóльших высотах, где плот-

ность атмосферы меньше, доля этой энергии, приходящейся на ударную волну, незначительна, а доля энергии, приходящейся на световое излучение, большая. Диаметральной противоположностью этому является подземный ядерный взрыв, при котором световое излучение невелико или вовсе отсутствует.

1.23. Кроме тех 85% энергии деления, которые превращаются в ударную волну и световое излучение, остальные 15% приходятся на различные виды ядерных излучений. Из них 5% приходятся на начальное ядерное излучение, имеющее место в течение примерно 1 минуты с момента взрыва. Остальные 10% суммарной энергии ядерного взрыва приходятся на долю остаточного (или запаздывающего) излучения, имеющего место в течение длительного времени. Остаточное излучение почти целиком приходится на долю радиоактивных продуктов деления, образовавшихся в результате ядерного взрыва. При термоядерном взрыве, когда в результате реакции деления выделяется только около половины количества суммарной энергии взрыва (п. 1.16), на долю остаточного излучения приходится всего 5% энергии, высвобождающейся при взрыве. Необходимо отметить, что при обычном взрыве не возникает никакого ядерного излучения, поскольку в этом случае ядра атомов не участвуют в химических реакциях, происходящих в процессе взрыва.

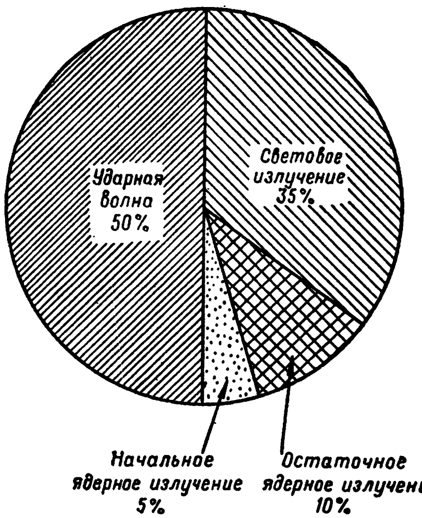


Рис. 1.22. Распределение энергии при типичном воздушном взрыве ядерного боеприпаса (на высоте менее 30 000 м)

1.24. Поскольку до 10% суммарной энергии деления ядер выделяется через некоторое время после взрыва в виде остаточного ядерного излучения, это количество энергии не учитывается при определении мощности взрыва, выраженной, например, в тротиловом эквиваленте, как об этом указывалось в п. 1.18. Следовательно, энергия взрыва ядерного оружия, сконструированного на принципе использования лишь одной реакции деления, составляет 90% суммарной энергии, выделяющейся в процессе деления, в то время как энергия взрыва термоядерного оружия составляет в среднем около 95% общей энергии, выделяющейся в результате реакций деления и синтеза.

1.25. Начальное ядерное излучение состоит главным образом из гамма-лучей, представляющих собой электромагнитные излучения высоких энергий (п. 1.69), а также из нейтронов. Начальное

ядерное излучение, особенно гамма-лучи, способно распространяться в воздухе на большие расстояния и проникать через значительную толщу различных материалов. Несмотря на то что гамма-лучи и поток нейтронов нельзя видеть или ощущать (если не считать, что очень большие дозы вызывают чувство покалывания), они могут оказать поражающее действие даже на значительном расстоянии от источника их возникновения. Поэтому начальное ядерное излучение является важным поражающим фактором ядерного оружия.

1.26. Источником остаточного ядерного излучения, как указывалось выше, являются продукты деления, которые в процессе своего радиоактивного распада испускают гамма-лучи, а также бета-частицы. По своей природе бета-частицы представляют собой электроны, т. е. частицы, входящие в состав атома, имеющие отрицательный электрический заряд (п. 1.08) и движущиеся с огромной скоростью. Бета-частицы также невидимы, и хотя обладают меньшей, чем гамма-лучи, проникающей способностью, но, подобно гамма-лучам, опасны для организма.

1.27. Самопроизвольное испускание бета-частиц и гамма-лучей радиоактивными веществами является постепенным процессом. Этот процесс происходит со скоростью, зависящей от природы радиоактивного вещества и от его количества. Ввиду непрерывного распада количество радиоактивного вещества и интенсивность излучения постепенно уменьшаются. Это означает, что остаточное ядерное излучение, источником которого являются преимущественно продукты деления, наиболее интенсивно сразу после взрыва и ослабевает с течением времени.

Виды ядерных взрывов

1.28. Внешняя картина взрыва, а также действие ударной волны, светового и ядерного излучений различных видов изменяются в зависимости от расположения центра взрыва по отношению к поверхности земли. Обычно различают пять видов ядерных взрывов, хотя на практике может быть много различных промежуточных случаев. Основными видами ядерных взрывов, определение которых будет дано ниже, являются: а) воздушный взрыв, б) взрыв на большой высоте, в) подводный взрыв, г) подземный взрыв и д) наземный взрыв.

1.29. В момент ядерного взрыва продукты взрыва соединяются с веществами окружающей среды, образуя при этом сильно нагретую светящуюся область сферической формы, называемую огненным шаром. Воздушным взрывом называется взрыв, производимый в воздухе, при котором ядерный боеприпас подрывается на высоте менее 30 тыс. м над поверхностью земли, но на такой высоте, при которой огненный шар в момент его максимальной яркости не касается поверхности земли. Например, при взрыве бомбы с тротиловым эквивалентом в 1 мегатонну диаметр огненного шара в

момент его максимальной яркости может достичь величины 1750 м. Это значит, что взрыв такой бомбы будет считаться воздушным, если он произойдет на высоте не менее 875 м над поверхностью земли.

1.30. Количественные характеристики воздушного взрыва зависят от фактической высоты взрыва и от его мощности, однако общая картина взрыва при всех воздушных взрывах одинакова. Почти вся механическая энергия взрыва проявляется в виде воздушной ударной волны, хотя обычно некоторая часть этой энергии расходуется на образование волны сжатия в грунте. Световое излучение распространяется в воздухе на большие расстояния, и, например, при ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну оно оказывается настолько интенсивным, что при достаточно ясной погоде способно вызвать на открытых участках тела ожоги средней степени на расстоянии 19 км. Тепло, исходящее от такого взрыва, можно ощущать на расстоянии до 120 км. При воздушных взрывах большей мощности эти расстояния, конечно, будут соответственно большими. Поскольку световое излучение в сильной степени задерживается обычными непрозрачными материалами, здания и одежда могут служить защитой от него.

1.31. Начальное ядерное излучение при воздушном взрыве также распространяется на значительное расстояние, хотя его интенсивность сравнительно быстро падает с увеличением расстояния от центра взрыва. Ядерное излучение слабо поглощается материалами, и для ослабления его интенсивности до безопасной величины необходим толстый слой защитного материала, предпочтительно материала, имеющего большую плотность. Например, для того чтобы человек, находящийся на расстоянии 1,6 км от центра воздушного ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну, был в относительной безопасности от действия начального ядерного излучения, необходимо наличие защитного слоя стали толщиной 30 см или бетона толщиной 120 см. Однако действие ударной волны на таком расстоянии будет настолько сильным, что только специальные сооружения, имеющие противовзрывную конструкцию, могут остаться неповрежденными.

1.32. В случае высокого или относительно высокого воздушного взрыва продукты деления, остающиеся после взрыва, распространяются во все стороны на значительные расстояния. На поверхности земли остаточное излучение этих продуктов деления будет незначительным. Однако если взрыв происходит вблизи поверхности земли, то продукты деления сплавляются с частицами грунта, часть которых выпадает вскоре на землю недалеко от места взрыва. Эти частицы становятся радиоактивными и, следовательно, будут представлять опасность для живых организмов.

1.33. Взрывом на большой высоте называется воздушный взрыв, происходящий на высоте, превышающей 30 км. На такой высоте плотность воздуха незначительна, поэтому развитие взрыва на большой высоте заметно отличается от того, что наблюдается при

взрыве на меньших высотах. При взрыве на большой высоте доля энергии, приходящейся на ударную волну, будет гораздо меньше, чем при воздушном взрыве, и уменьшается с возрастанием высоты взрыва. Поэтому преобладающая часть энергии взрыва проявляется в виде светового излучения. Как было установлено, на достаточно больших высотах, где плотность воздуха чрезвычайно мала, более 50% энергии реакции деления выделяется на некотором расстоянии от места взрыва в виде светового излучения.

1.34. Доля энергии взрыва, проявляющаяся в виде ядерного излучения, не зависит от высоты взрыва. Однако ослабление начального ядерного излучения с увеличением расстояния от места взрыва определяется массой воздуха, через который это излучение распространяется. Это означает, что для данной мощности взрыва и при одном и том же расстоянии от центра взрыва начальное ядерное излучение будет значительно интенсивнее при взрыве на большой высоте, чем при воздушном взрыве, осуществленном на умеренной высоте. С другой стороны, при взрыве на большой высоте продукты деления находятся в стратосфере в сильно рассеянном состоянии, поэтому сразу же после взрыва поверхность земли не будет загрязнена остаточными радиоактивными продуктами.

1.35. Если ядерный взрыв происходит при условиях, когда его центр находится ниже поверхности земли или воды, то такой взрыв называется соответственно подземным или подводным. Поскольку действие некоторых поражающих факторов этих двух видов взрывов одинаково, они рассматриваются в данной книге вместе. При подводном (подземном) взрыве большая часть энергии проявляется в виде ударной волны в воде или волны сжатия в грунте. Однако некоторая часть энергии взрыва, которая тем меньше, чем больше глубина взрыва, высвобождается в виде воздушной ударной волны. Большая часть светового и начального ядерного излучения поглощается средой на небольшом расстоянии от центра взрыва. Энергия поглощенных излучений расходуется на нагревание грунта или массы воды. В зависимости от глубины взрыва некоторая часть светового и ядерного излучений будет проникать через поверхность земли (воды), однако интенсивность их будет меньше, чем при воздушном взрыве. Остаточное же ядерное излучение при этих видах взрывов имеет более важное значение, так как большое количество грунта или воды в районе взрыва окажется зараженным радиоактивными продуктами взрыва.

1.36. Наземным (надводным) называется такой взрыв, который происходит либо на самой поверхности земли (воды), либо на незначительной высоте над этой поверхностью. Если расстояние между центром взрыва и поверхностью земли (воды) незначительно, внешняя картина взрыва, по существу, такая же, как и при взрыве, происходящем на самой поверхности. С возрастанием высоты взрыва до такого уровня, при котором огненный шар (в последней стадии максимальной яркости) уже не касается поверх-

Ищенко

ности земли или воды, появляется промежуточное положение, при котором сам взрыв может рассматриваться как нечто среднее между взрывом на поверхности земли и воздушным взрывом. При наземных (надводных) взрывах соотношение энергии воздушной ударной волны и волны сжатия в грунте (подводной ударной волны) изменяется в зависимости от мощности и высоты взрыва.

1.37. Хотя каждый из пяти указанных видов взрывов рассматривался самостоятельно, в действительности между ними не существует четкого разграничения. Очевидно, что с уменьшением высоты взрыв на большой высоте превратится в воздушный взрыв, а воздушный взрыв станет наземным. Точно так же наземный (надводный) взрыв становится подземным (подводным), если он происходит на небольшой глубине, на которой часть огненного шара фактически прорывается через поверхность земли или воды. Несмотря на это, как будет показано в последующих главах, более удобно делить ядерные взрывы на пять общих видов, определение которых было дано выше.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЯДЕРНЫМ ВЗРЫВОМ

Энергия деления ядер и цепная ядерная реакция

1.38. Характерной особенностью процесса деления ядра атома урана (или плутония) путем захвата одного нейтрона является то, что наряду с выделением большого количества энергии этот процесс сопровождается также мгновенным испусканием двух или более нейтронов. Это можно выразить следующим равенством:

нейтрон + ядро атома урана-235 (или плутония-239) →
→ осколки деления + 2 (или 3) нейтрона + энергия.

Освобождающиеся при этом нейтроны в свою очередь способны вызвать деление ядер других атомов урана (или плутония) с испусканием новых нейтронов, которые могут вызвать дальнейшее деление ядер, и т. д. Таким образом, в принципе один-единственный нейтрон может положить начало целой цепи ядерных делений, причем, как это будет видно из последующего текста, число вовлекаемых в этот процесс ядер и количество освобождаемой при этом энергии возрастают с колоссальной скоростью.

1.39. Существует много различных вариантов деления ядра атома данного делящегося вещества на два осколка, однако общее количество энергии, высвобождающейся при каждом акте деления, изменяется незначительно. Примерная средняя величина этой энергии составляет 200 млн. электронвольт. Удобной единицей количества энергии, высвобождающейся при ядерных реакциях, был признан 1 миллион электронвольт (или 1 Мэв). Эта величина эквивалентна $1{,}6 \cdot 10^{-6}$ эргов или $1{,}6 \cdot 10^{-13}$ джоулей. Распределение этой энергии между осколками деления и различными видами радиоактивных излучений при реакции деления приводится в таблице 1.39.

Таблица 1.39

Распределение энергии деления ядер

	Мэв
— кинетическая энергия осколков деления	165±5
— энергия мгновенного гамма-излучения	7±1
— кинетическая энергия нейтронов, образующихся при реакции деления	5±0,5
— энергия бета-частиц, испускаемых продуктами деления	7±1
— энергия гамма-лучей, испускаемых продуктами деления	6±1
— энергия нейтронов, излучаемых продуктами деления	10
Суммарная энергия реакции деления	200±6

1.40. Данные, приведенные в таблице, применимы к урану-233, урану-235 и плутонию-239. Они являются единственными тремя известными элементами, которые довольно хорошо сохраняют свою стабильность, могут храниться в течение длительного времени без заметного распада и в то же время способны претерпевать реакции деления путем захвата нейтронов любых энергий. Следовательно, эти элементы являются единственными делящимися материалами, которые могут быть использованы для поддержания цепной реакции деления. Атомы урана-238, содержащегося в природном уране в наибольшем количестве (до 99,3%), и атомы тория-232 подвергаются реакции деления путем захвата нейтронов только высоких энергий и не делятся нейтронами малых энергий. Поэтому в этих веществах не может поддерживаться цепная реакция. Однако распределение энергии реакции деления ядер этих элементов такое же, как указано в таблице.

1.41. При ядерном взрыве сразу выделяется только часть энергии деления ядер; она состоит из кинетической энергии осколков деления, преобладающей части энергии мгновенного гамма-излучения и нейтронного потока и небольшой части энергии распада продуктов деления. Существует некоторое возмещение энергии, выделяющейся при ядерных реакциях, которые сопровождаются захватом нейтронов осколками деления; поэтому обычно принято считать, что во время каждой реакции деления выделяется около 180 Мэв энергии. В 235 г урана-235 (или в 239 г плутония-239) содержится $6{,}02 \cdot 10^{23}$ ядер; используя известные коэффициенты пересчета (п. 1.39), можно получить числовые значения для эквивалентных количеств энергии (или других физических единиц), выделяющейся при взрыве 1 килотонны тротила. Эти значения сведены в таблицу 1.41.

Таблица 1.41

Эквиваленты энергии, выделяющейся при взрыве 1 килотонны тротила

— полное деление 0,056 кг (56 г) делящегося вещества;
— деление $1{,}45 \cdot 10^{23}$ ядер;
— 10^{12} калорий;
— $4{,}2 \cdot 10^{19}$ эргов;
— $1{,}15 \cdot 10^{6}$ киловатт-часов;
— $1{,}8 \cdot 10^{9}$ британских тепловых единиц.

1.42. Интересные данные, связанные со скоростью высвобождения энергии при ядерном взрыве, могут быть получены, если рассматривать цепную ядерную реакцию в целом как серию ступеней отдельных цепных реакций. Предположим, что первоначально существует некоторое количество нейтронов, которые захватываются ядрами атомов делящегося вещества; тогда в процессе реакции деления освобождаются другие нейтроны, которые в свою очередь захватываются другими ядрами атомов делящегося вещества. В результате этих превращений освобождается все больше и больше нейтронов. Каждая ступень цепной реакции деления рассматривается как новое поколение нейтронов, и время образования каждого из этих поколений является средним временем, в течение которого оно зарождается. Время, необходимое для фактического деления ядра атома, чрезвычайно мало, и большая часть нейтронов испускается при этом мгновенно. Следовательно, время образования нового поколения нейтронов, по существу, равно среднему времени, протекающему между моментом освобождения нейтрона и моментом его последующего захвата ядром атома делящегося вещества. Помимо прочих факторов это время зависит от энергии (или скорости) нейтрона; если большинство нейтронов обладают относительно высокой энергией, причем в этом случае они называются быстрыми нейтронами, то время образования нового поколения нейтронов составляет около одной стомиллионной доли секунды, т. е. одной сотой доли микросекунды.

1.43. Хотя при делении каждого ядра атома высвобождается от двух до трех нейтронов, не все из этих нейтронов способны вызвать новое деление; некоторые из них выходят из сферы реакции, а другие вступают в реакции, не сопровождающиеся делением ядер. Предположим, что при захвате ядром атома одного нейтрона происходит реакция деления, в результате которой освобождается f нейтронов; пусть l — среднее на каждую реакцию деления число нейтронов, не вступивших по каким-либо причинам в нее. Тогда число нейтронов, способных поддержать цепную реакцию, будет равно $f-l$. Если в любой момент времени имеется N нейтронов, то в результате их захвата ядрами атомов делящегося вещества в конце периода образования одного поколения нейтронов будет освобождено $N(f-l)$ нейтронов; следовательно, увеличение числа нейтронов в каждом новом поколении составит $N(f-l)-N$, или $N(f-l-1)$. Для удобства величину $f-l-1$, характеризующую увеличение числа нейтронов на каждую реакцию деления, выразим через x. Если g — время образования нового поколения нейтронов, то скорость возрастания числа нейтронов можно выразить следующим образом:

$$\frac{dN}{dt}=N\cdot\frac{x}{g}.$$

Решением этого равенства будет выражение

$$N=N_0e^{\frac{xt}{g}},$$

где N_0 — первоначальное число нейтронов;

N — число нейтронов, освобождающихся за время t;

$\frac{t}{g}$ — число поколений нейтронов, образованных за время t.

Выразив эту дробь через n, получим следующее равенство:

$$N=N_0e^{xn}. \qquad (1.43.1)$$

1.44. Если известно значение x, то равенство (1.43.1) может быть использовано для расчета либо числа нейтронов, освобождаемых в результате образования заданного количества поколений нейтронов при цепной ядерной реакции, либо количества образующихся поколений нейтронов, необходимых для высвобождения определенного числа этих элементарных частиц. Для урана-235 величина f равна около 2,5; величину l можно ориентировочно принять равной 0,5; следовательно, величина x, равная $f-l-1$, будет примерно равна 1. Поэтому равенство (1.43.1) может быть записано следующим образом:

$$N\approx N_0e^n \text{ или } N\approx N_0\cdot 10^{\frac{n}{2,3}}. \qquad (1.44.1)$$

1.45. Согласно данным, приведенным в таблице 1.41, для выделения энергии, эквивалентной энергии взрыва 0,1 килотонны тротила, потребуется осуществить $1{,}45\cdot10^{22}$ ядерных реакций деления, а следовательно, высвободить такое же число нейтронов. Если цепная ядерная реакция вызвана одним нейтроном, в силу чего N_0 равно 1, то из равенства (1.44.1) следует, что для высвобождения необходимого числа нейтронов потребуется образовать примерно 51 поколение нейтронов. Точно так же для выделения энергии, эквивалентной энергии взрыва 100 килотонн тротила, потребуется $1{,}45\cdot10^{25}$ нейтронов, которые могут быть высвобождены в результате образования 58 поколений нейтронов. Из сказанного вытекает, что 99,9% энергии, выделяемой при ядерном взрыве мощностью 100 килотонн, высвобождается в течение времени образования последних семи поколений нейтронов, т. е. за период, равный примерно 0,07 микросекунды. Такой же результат получается при ядерном взрыве любой мощности.

1.46. Вышеприведенные данные показывают, что за время образования более 50 поколений нейтронов, т. е. за период, составляющий с момента начала цепной ядерной реакции деления около половины микросекунды, выделяется такое огромное количество энергии, что температура окружающей среды поднимается до чрезвычайно высокого уровня. В результате этого, несмотря на ограничивающий эффект экранирования (п. 1.52) и помещение ядерного заряда во внешнюю оболочку, масса делящегося вещества начнет очень быстро расширяться. Время, по истечении которого начинается это расширение, называется временем взрыва. Поскольку расширение делящегося вещества приводит к более

быстрому вылету нейтронов из сферы реакции, то самоподдерживающаяся цепная реакция вскоре прекращается, несмотря на то что значительная часть делящегося вещества так и не вступила в реакцию. Некоторые реакции деления будут продолжаться в результате захвата нейтронов, но количество выделяющейся при этом энергии будет относительно небольшим.

1.47. Чтобы подвести итог вышесказанному, можно констатировать, что благодаря мгновенному освобождению нейтронов при реакции деления в принципе возможно создать условия для протекания самоподдерживающейся цепной ядерной реакции, которая будет сопровождаться быстрым выделением большого количества энергии. В результате этого можно, используя несколько килограммов делящегося вещества, выделить в течение малой доли секунды такое же количество энергии, какое выделяется при взрыве нескольких тысяч тонн тротила. В этом и состоит основной принцип действия ядерной бомбы, снаряженной делящимся веществом.

Критическая масса ядерного заряда

1.48. Выше указывалось, что часть нейтронов, освобождаемых при реакции деления, вылетает из сферы реакции или же захватывается, не производя деления. Если создать условия, при которых скорость потери нейтронов будет больше скорости высвобождения новых нейтронов при делении, то цепная реакция при этих условиях перестанет быть самоподдерживающейся, т. е. прекратится. При этом будет выделено некоторое количество энергии, но оно будет недостаточным, а скорость высвобождения новых нейтронов будет слишком мала, чтобы вызвать эффективный взрыв. Поэтому для осуществления ядерного взрыва необходимо создать условия, при которых потеря нейтронов была бы минимальной. В связи с этим особенно важное значение имеют нейтроны, которые вылетают из массы делящегося вещества и не принимают участия в реакции деления.

1.49. Вылет нейтронов из сферы реакции происходит через наружную поверхность массы урана (или плутония). Следовательно, скорость потери нейтронов за счет их вылета из массы делящегося вещества будет определяться величиною поверхности этой массы. С другой стороны, процесс деления, в результате которого освобождается много новых нейтронов, происходит во всей массе делящегося вещества, и поэтому скорость освобождения этих нейтронов зависит от величины этой массы. При увеличении объема делящегося вещества отношение величины его поверхности к массе уменьшается; следовательно, отношение числа потерянных (вылетевших) нейтронов к числу освобожденных при реакции деления новых нейтронов при этом будет уменьшаться.

1.50. Это положение легче понять, если рассмотреть рис. 1.50, на котором изображены два сферических куска делящегося вещества, один из которых больше другого; в обоих случаях процесс

деления начинается одним нейтроном, изображенном на рисунке в виде точки в окружности. Предполагается, что при каждом акте деления освобождается три нейтрона, т. е. один нейтрон захватывается, а три нейтрона испускаются. Выход нейтронов из системы указан на рисунке стрелкой. Таким образом, если конец стрелки находится внутри сферы, это означает, что произошло деление и высвободилось дополнительное количество нейтронов; если же конец стрелки находится за пределами сферы, это означает, что нейтрон потерян. Из рис. 1.50 видно, что относительное количество потерянных нейтронов в малой сфере значительно больше, чем в большой сфере.

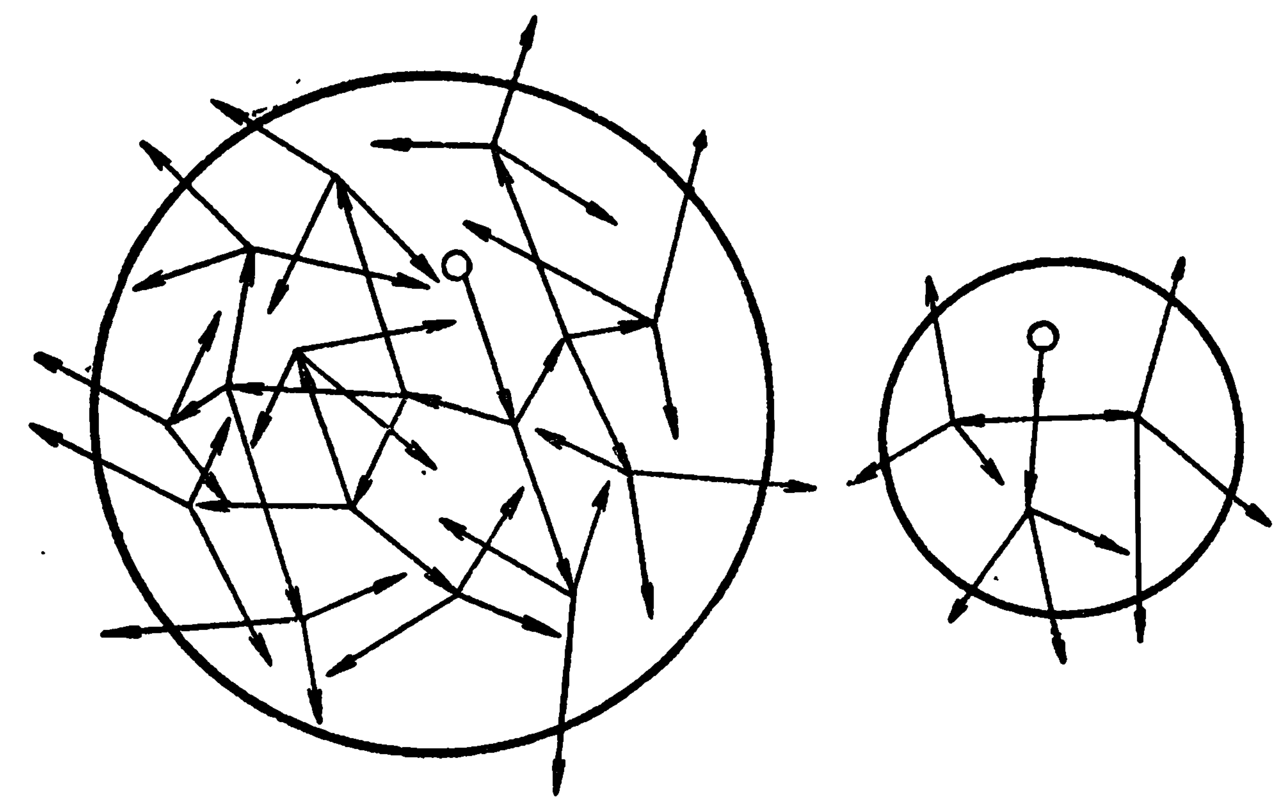


Рис. 1.50. Схема, иллюстрирующая уменьшение относительного количества нейтронов, выходящих из сферы реакции, с увеличением количества делящегося вещества

1.51. Если масса урана или плутония мала, т. е. если отношение величины поверхности к объему велико, то число нейтронов, потерянных в результате вылета, окажется настолько большим, что создание цепной ядерной реакции деления, а следовательно, и осуществление ядерного взрыва окажутся невозможными. Но с увеличением массы урана или плутония относительная потеря нейтронов уменьшается, и наступает момент, когда цепная реакция может стать самоподдерживающейся. Количество делящегося вещества, соответствующее этому моменту, называется критической массой.

1.52. Таким образом, для того чтобы произошел ядерный взрыв, необходимо, чтобы в ядерном боеприпасе содержалось достаточное количество урана или плутония, превосходящее критическую массу при данных условиях. В действительности критическая масса зависит, кроме прочего, от формы куска делящегося вещества, его состава и степени загрязнения посторонними примесями, которые могут поглощать нейтроны, не подвергаясь делению. Окружая

делящееся вещество соответствующей оболочкой — отражателем нейтронов, можно уменьшить потерю нейтронов за счет их вылета, а следовательно, и уменьшить величину критической массы. Кроме того, элементы, обладающие высокой плотностью и хорошей отражающей способностью для нейтронов высоких энергий, обеспечивают также некоторую инерционность делящегося вещества, задерживая его расширение в момент взрыва. Отражатель нейтронов благодаря своему экранирующему действию и инерциальным свойствам позволяет более эффективно использовать делящееся вещество в ядерном боеприпасе.

Образование критической массы

1.53. Благодаря присутствию в атмосфере блуждающих свободных нейтронов или из-за возможности их высвобождения тем или иным способом существует вероятность расплавления или даже взрыва соответствующего изотопа урана или плутония, масса которого превосходит критическую. Поэтому необходимо, чтобы до взрыва ядерной бомбы ни одна часть ее ядерного заряда при данных условиях не имела массы, равной критической. Чтобы произошел взрыв, масса ядерного заряда должна стать сверхкритической, т. е. стать больше критической. Создание такой массы должно происходить за короткий промежуток времени, который исключил бы возможность изменения формы ядерного заряда (например, расплавления его) до взрыва.

1.54. В литературе описаны два общих метода осуществления ядерного взрыва, т. е. быстрого превращения системы из докритической в надкритическую. С помощью первого метода два или более куска делящегося вещества, масса каждого из которых меньше критической, очень быстро соединяют друг с другом, получая таким образом один кусок с надкритической массой. Это достигается в определенном устройстве, напоминающем ствол пушки, в котором взрывом обычного взрывчатого вещества кусок делящегося вещества, расположенный в одном конце ствола и имеющий массу, меньшую, чем критическая, соединяется с другим таким же куском, закрепленным на другом конце ствола.

1.55. Второй метод осуществления ядерного взрыва основан на использовании явления, заключающегося в том, что при сильном сжатии соответствующего изотопа урана или плутония, имеющего массу меньше критической, масса этого изотопа может стать критической и даже сверхкритической. Причина этого явления состоит в том, что при сильном сжатии делящегося вещества, т. е. при увеличении его плотности, скорость освобождения нейтронов при реакции деления возрастает по сравнению со скоростью их потери за счет вылета нейтронов из сферы реакции. Поэтому самоподдерживающаяся цепная ядерная реакция может протекать в массе делящегося вещества, которая в несжатом состоянии была докритической.

1.56. В ядерном заряде сильное сжатие делящегося вещества достигается с помощью обычного взрывчатого вещества, которому придается специальная сферическая форма. В центре сферы помещается докритическая масса делящегося вещества, изготовленного в виде шара. При подрыве обычного взрывчатого вещества с помощью нескольких взрывателей, расположенных снаружи, возникает волна детонации, направленная внутрь системы. Как только эта волна достигнет уранового или плутониевого шара, она вызывает его сжатие. Отношение поверхности к объему в массе сжатого шара приобретает такую величину, что масса становится сверхкритической. Если при этом создать поток нейтронов с помощью специального нейтронного источника, то при таких условиях возникает цепная реакция, которая приводит к взрыву.

Продукты деления

1.57. Когда ядра атомов урана или плутония захватывают нейтроны и подвергаются делению, образуется множество различных осколков деления, т. е. ядер начальных продуктов деления. Это объясняется тем, что существует около 40 различных способов, с помощью которых могут расщепляться ядра в процессе деления. При этом образуется около 80 различных осколков. Существует несколько разновидностей ядер осколков деления, отличающихся друг от друга своей природой и свойствами, зависящими от особенностей вещества, подвергающегося делению, и от энергии нейтронов, вызывающих это деление. Например, когда уран-238 подвергается делению в результате захвата нейтронов очень высокой энергии, освобождающихся при определенных ядерных реакциях (п. 1.16), то продукты деления несколько отличаются (особенно по своей относительной численности) от продуктов деления урана-235, образующихся под действием медленных нейтронов.

1.58. Большинство упомянутых выше 80 осколков деления являются ядрами радиоактивных изотопов общеизвестных более легких элементов. Их радиоактивность обычно проявляется в испускании отрицательно заряженных бета-частиц (п. 1.26). Испускание бета-частиц часто, хотя и не всегда, сопровождается гамма-излучением, которое уносит избыточную энергию. В некоторых, особых, случаях испускается только гамма-излучение.

1.59. В результате испускания бета-частицы ядро атома радиоактивного вещества превращается в ядро атома другого элемента, называемого иногда продуктом распада. Продукты распада осколков деления обычно также радиоактивны и в свою очередь могут распадаться с испусканием бета-частиц и гамма-лучей. В среднем каждый осколок деления претерпевает три последовательных радиоактивных распада, прежде чем он превратится в стабильное (нерадиоактивное) ядро. Ввиду того что имеется множество различных способов осуществления реакций деления, а также ввиду наличия нескольких стадий радиоактивного распада, который

претерпевают продукты деления, смесь этих продуктов оказывается весьма сложной по своему составу[1]. Среди продуктов деления было обнаружено более 200 различных изотопов 36 легких элементов (от цинка до тербия).

1.60. Скорость радиоактивного распада данного изотопа, т. е. скорость испускания им бета-частиц и гамма-лучей, обычно определяется его периодом полураспада. Под периодом полураспада подразумевается время, в течение которого радиоактивность некоторого количества данного радиоактивного изотопа уменьшается

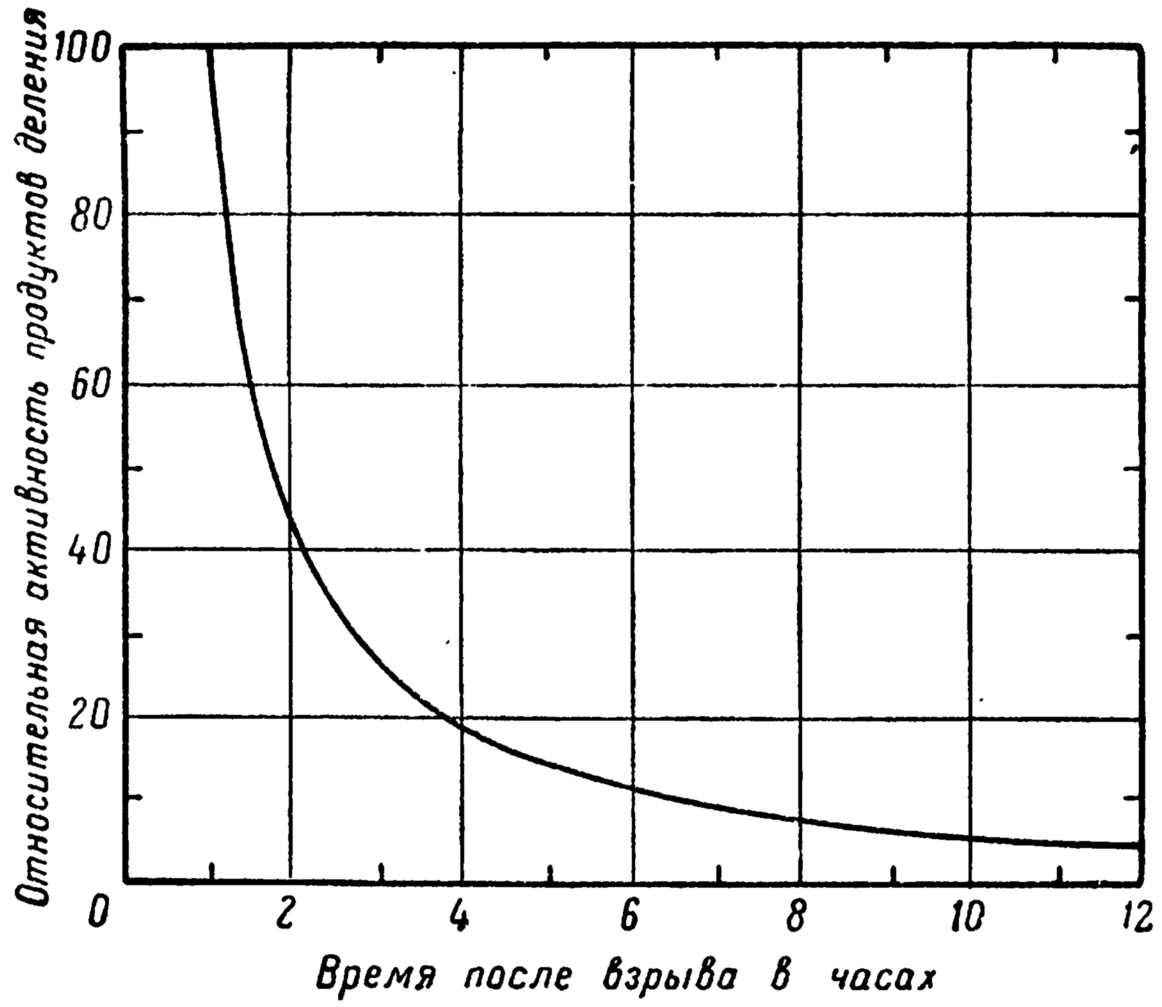


Рис. 1.61. Уменьшение активности продуктов деления после ядерного взрыва (активность через 1 час после взрыва принята равной 100)

до половины своего первоначального значения. Каждое радиоактивное вещество имеет свой определенный период полураспада, который не зависит ни от физического состояния, ни от количества этого вещества. Было найдено, что периоды полураспада продуктов деления составляют от малой доли секунды до нескольких миллионов лет.

1.61. Хотя каждый радиоактивный изотоп, входящий в состав продуктов деления, характеризуется определенным периодом полураспада, смесь этих изотопов, образующаяся после ядерного взрыва, имеет настолько сложный состав, что в целом трудно определить ее период полураспада. Тем не менее было установлено, что

[1] Для наименования сложной смеси, образующейся за короткий промежуток времени деления, употреблен общий термин «продукты деления».

суммарное уменьшение интенсивности радиоактивного излучения продуктов деления может быть приближенно вычислено с помощью довольно простой формулы. Эта формула будет рассмотрена в главе 9, однако общий характер скорости радиоактивного распада продуктов деления может быть понят из графика, приведенного на рис. 1.61 и построенного на основе упомянутой формулы. На рисунке остаточная радиоактивность продуктов деления спустя 1 час после взрыва принята за 100, дальнейшее уменьшение активности в зависимости от времени выражается кривой. Из графика видно, что через 7 часов после взрыва активность продуктов деления уменьшается примерно до одной десятой части (10%) ее первоначального значения, которое она имела спустя 1 час после взрыва. Через два дня активность уменьшается до 1% величины, которую она имела через 1 час после взрыва.

1.62. Кроме бета- и гамма-активности, характерной для продуктов деления, существует еще третий вид остаточной радиоактивности, о котором следует упомянуть. Этим видом активности обладают делящиеся вещества, часть которых, как указывалось в п. 1.46, не подвергается делению в момент взрыва. Как уран, так и плутоний являются радиоактивными, их радиоактивность проявляется в испускании альфа-частиц. Альфа-частицы являются одним из видов ядерных излучений, поскольку они вылетают из ядер атомов, однако они отличаются от бета-частиц, испускаемых продуктами деления, тем, что значительно тяжелее их и имеют положительный электрический заряд. Альфа-частицы фактически идентичны с ядрами атомов гелия.

1.63. Ввиду большей массы и заряда альфа-частиц они обладают гораздо меньшей проникающей способностью, чем бета-частицы или гамма-лучи одинаковой с ними энергии. Поэтому очень немногие альфа-частицы, испускаемые радиоактивными веществами, могут проникать через слой воздуха толщиной 2,5—7,5 см. Эти частицы едва ли смогут проникнуть через неповрежденную кожу человека и безусловно будут задержаны одеждой. Следовательно, уран и плутоний, находящиеся вместе с остаточными продуктами деления, не представляют опасности, если они находятся на поверхности тела. Однако если эти вещества, особенно плутоний, попадают в достаточном количестве в организм (например, с пищей, водой, через дыхательные пути или поврежденные участки кожи), то они могут представлять серьезную опасность для организма.

Реакции синтеза (термоядерные реакции)

1.64 Несомненно, что выделение энергии на Солнце и звездах происходит за счет реакций синтеза, в которых участвуют ядра атомов различных легких (с малым атомным весом) элементов. Из опытов, произведенных в лабораториях при помощи циклотронов и других подобных установок, была установлена возможность

синтеза изотопов водорода. Известны три изотопа этого элемента, ядра которых имеют массу 1, 2 и 3. Эти изотопы называются соответственно водородом (H^1), дейтерием (H^2 или D^2) и тритием (H^3 или T^3). Ядра атомов всех этих изотопов несут в себе по одному положительному заряду, т. е. каждое ядро содержит один протон, но отличается от других числом нейтронов. Ядра атомов наиболее легкого изотопа H^1 совершенно не содержат нейтронов; в ядрах атомов дейтерия H^2 содержится по одному нейтрону, а в ядрах трития H^3 — по два нейтрона.

1.65. Установлено, что между ядрами атомов трех изотопов водорода возможно несколько различных реакций синтеза, в которых участвуют два одинаковых или два различных ядра. Для эффективного протекания этих реакций ядра должны обладать высокой энергией. Одним из способов сообщения ядрам такой высокой энергии является использование ускорителя заряженных частиц, например циклотрона. Другой способ состоит в нагревании реагирующих веществ до очень высоких температур. В этом случае процесс синтеза, как указывалось выше, называется термоядерной реакцией.

1.66. Для получения энергии представляют интерес четыре термоядерные реакции синтеза, поскольку при практически достижимых температурах они протекают достаточно быстро. К этим реакциям относятся следующие:

$$H^2 + H^2 = He^3 + n + 3{,}2 \text{ Мэв}$$
$$H^2 + H^2 = H^3 + H^1 + 4{,}0 \text{ Мэв}$$
$$H^3 + H^2 = He^4 + n + 17{,}6 \text{ Мэв}$$
$$H^3 + H^3 = He^4 + 2n + 11{,}3 \text{ Мэв},$$

где символом He обозначен элемент гелий, а символом n — нейтрон (его масса равна 1). Энергия, выделяющаяся при каждой из перечисленных реакций, выражена в миллионах электронвольт (Мэв). Сравнение количества энергии, выделяющейся при упомянутых реакциях синтеза, с количеством энергии, выделяющейся при процессах деления, показывает, что в результате первых трех упомянутых выше реакций пять ядер дейтерия с общим массовым числом, равным 10, в процессе синтеза освобождают 24,8 Мэв энергии. С другой стороны, при реакции деления, например ядер атомов урана-235, имеющих массовое число, равное 235, выделится около 200 Мэв энергии (см. п. 1.39). Поэтому при равных весовых количествах реагирующих веществ при реакции синтеза ядер дейтерия выделяется почти в три раза больше энергии, чем при реакции деления ядер урана или плутония.

1.67. Для осуществления ядерных реакций синтеза требуется температура порядка нескольких миллионов градусов. Единственным практическим способом достижения такой температуры в земных условиях является ядерный взрыв, основанный на реакции деления. Следовательно, помещая в одном устройстве некоторое количество дейтерия или трития (или их смеси) вместе с делящимся веществом, можно инициировать одну или несколько из приведенных выше термоядерных реакций синтеза. Для осуществления термоядерного взрыва необходимо, чтобы эти реакции, сопровождаемые выделением энергии, быстро протекали во всей массе изотопа (или изотопов) водорода.

1.68. Необходимо отметить, что в трех из перечисленных в п. 1.66 реакциях синтеза освобождаются нейтроны. Благодаря своей малой массе эти нейтроны обладают наибольшей долей энергии, выделяющейся при реакции синтеза; следовательно, они имеют энергию, достаточную для того, чтобы вызвать деление ядер атомов урана-238. Как указывалось выше, для осуществления процесса деления ядер атомов урана-238 необходимо наличие нейтронов высокой энергии. Поэтому представляется возможным использовать нейтроны, освобождающиеся при термоядерной реакции, расположив вокруг термоядерного заряда слой природного урана. При этом нейтроны высокой энергии будут захватываться ядрами атомов урана-238, в результате чего произойдет их деление. Благодаря этой реакции деления увеличится общая мощность взрыва и усилится остаточное ядерное излучение от продуктов деления. Вообще же энергия, выделяющаяся при термоядерном взрыве, распределяется примерно в одинаковой пропорции между реакцией деления и реакцией синтеза.

Световое излучение

1.69. Внешняя картина ядерного взрыва, а также его действие на человека и различные материалы в значительной степени определяются световым излучением и его взаимодействием с окружающей средой. Поэтому целесообразно рассмотреть природу этого излучения более подробно. В широком смысле слова световое излучение относится к явлению, известному под названием электромагнитного излучения. Это излучение является одним из видов волнового движения, возникающего при наличии колебательных электрических зарядов и связанных с ними магнитных полей. Обычный видимый свет является наиболее известным видом электромагнитного излучения, распространяющегося в воздухе (или, точнее, в вакууме) с постоянной скоростью; скорость света составляет 300 тыс. км в секунду. Диапазон электромагнитных излучений простирается от гамма- и рентгеновских лучей (п. 1.25), имеющих очень малую длину волны (или очень высокую частоту), проходит через невидимый ультрафиолетовый спектр к видимому спектру, а затем к инфракрасным лучам, радиолокационным и радиоволнам, имеющим относительно большую длину волны (или низкую частоту).

1.70. Приблизительные длины волн и диапазоны частот, которые имеют различные виды электромагнитного излучения, приведены на рис. 1.70. Длина волны λ, выраженная в сантиметрах, и частота ν, выраженная в периодах в секунду, взаимосвязаны друг

с другом равенством $\lambda\nu = c$, где c — скорость света, равная $3{,}0 \cdot 10^{10}$ см/сек. Согласно теории Планка величина энергии соответствующего кванта (или порции) энергии, который несет в себе фотон, т. е. воображаемая частица (или атом) излучения, равняется

$$E\,(\text{эргов}) = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1{,}99 \cdot 10^{-16}}{\lambda\,(\text{см})}, \qquad (1.70.1)$$

где h — универсальная постоянная, равная $6{,}62 \cdot 10^{-27}$ эрг · сек[1]. На рис. 1.70 приведены значения квантов энергии различных видов электромагнитных излучений. Эти значения выражены либо в мил-

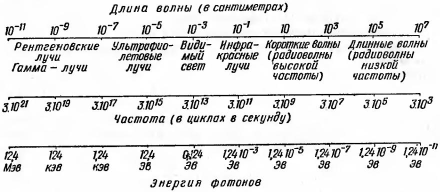


Рис. 1.70. Длина волн, частота и энергия электромагнитных излучений

лионах электронвольт (Мэв), либо в тысячах электронвольт (Кэв), либо в электронвольтах (Эв). Числовые значения квантов энергии получены из равенства (1.70.1), записанного в виде

$$E\,(\text{Мэв}) = \frac{1{,}24 \cdot 10^{-10}}{\lambda\,(\text{см})}. \qquad (1.70.2)$$

Как видно из рисунка, энергия излучения уменьшается слева направо, т. е. при увеличении длины волны и уменьшении ее частоты.

1.71. Количество энергии, приходящейся на единицу объема вещества при температурном равновесии, может быть выражено следующим образом:

$$E\ (\text{излучения}) = 7{,}6 \cdot 10^{-15} \cdot T^4\ \text{эрг/см}^3,$$

где T — температура, выраженная в градусах Кельвина.

При температуре взрыва обычного химического взрывчатого вещества, равной, например, 5000° К, плотность энергии излучения составляет менее 1 эрг/см³ по сравнению с плотностью излучения кинетической энергии и внутренней энергии атомов (энергией движения электронов, колебаний и вращений частиц), составляющей около 10^8 эрг/см³. Поэтому, как указывалось в п. 1.21, энергия излучения при обычном взрыве составляет лишь весьма небольшую часть общей энергии взрыва. При ядерном же взрыве, температура которого составляет несколько десятков миллионов градусов, плотность энергии излучения достигает порядка 10^{16} эрг/см³, а энергия частиц — порядка 10^{14}—10^{15} эрг/см³. Было установлено, что при ядерном взрыве около 80% суммарной энергии может выделиться в виде энергии излучения.

[1] h — постоянная Планка.— *Прим ред.*

1.72. С ростом температуры возрастает не только плотность энергии излучения, но соответственно и интенсивность светового излучения. При температурах в несколько тысяч градусов Кельвина энергия излучается медленно, преимущественно в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном участках спектра электромагнитного излучения (рис. 1.70). При температурах же ядерного взрыва, помимо быстрого выделения энергии излучения, большая часть этой энергии, как будет видно из главы 7, приходится на участок спектра, в котором длины волн гораздо меньше, чем в ультрафиолетовом спектре. Фактически при этих условиях около 60—70% общей энергии (т. е. кинетической энергии частиц и энергии излучения) испускается в виде рентгеновских лучей[1].

1.73. При взрыве ядерного оружия в остаточных продуктах взрыва быстро устанавливается температурное равновесие. Около 80% энергии деления, не связанной с испусканием остаточного излучения, т. е. около 70% общей энергии взрыва, проявляется в виде первичного светового излучения, преобладающая часть которого состоит из мягких рентгеновских лучей. Как будет показано ниже, первичное световое излучение поглощается воздухом в непосредственной близости от места взрыва, а затем снова проявляется в виде вторичного излучения. Именно это вторичное излучение и является световым излучением, которое представляет практический интерес[2].

1.74. Если ядерный взрыв происходит в воздухе на высоте, где атмосферное давление и плотность воздуха примерно одни и те же, что и на уровне моря, то мягкие рентгеновские лучи первичного светового излучения полностью поглощаются воздухом на расстоянии нескольких метров от точки взрыва. Некоторая часть этого излучения понижает уровень своей энергии, например, до уровня энергии ультрафиолетового спектра, однако преобладающая часть энергии этого излучения превращается в кинетическую и внутреннюю энергию движения атомов кислорода и азота, а

[1] Рентгеновские лучи часто делят на жесткие и мягкие. Длина волны мягких рентгеновских лучей больше, но они обладают меньшей энергией и более легко поглощаются по сравнению с жесткими лучами. Однако, несмотря на это, мягкие рентгеновские лучи принадлежат к излучениям высоких энергий по сравнению с ультрафиолетовым и видимым светом.

[2] Иногда это излучение называют мгновенным световым излучением, так как с точки зрения поражающего действия практическое значение имеет только излучение, продолжающееся в течение нескольких секунд с момента взрыва.

также молекул воздуха. Другими словами, значительное количество энергии первичного светового излучения расходуется на нагревание воздуха в непосредственной близости от точки взрыва. Благодаря этому и образуется огненный шар. Затем часть энергии снова излучается из огненного шара, имея более низкую температуру, а остальная ее часть, как будет видно из главы 2, превращается в энергию ударной волны. Это служит объяснением того факта, что при воздушном взрыве лишь 30—40% энергии деления воспринимается на некотором расстоянии от места взрыва в виде энергии светового излучения, несмотря на то что на первичное световое излучение может приходиться около 70% общей энергии взрыва. Кроме этого, поскольку вторичное световое излучение имеет более низкую температуру, оно распределяется главным образом в участке спектра, имеющем большую длину волны, то есть в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном участках спектра.

1.75. При ядерном взрыве на большой высоте, где плотность воздуха очень низкая, мягкие рентгеновские лучи способны проникать на значительные расстояния, прежде чем их энергия уменьшится и они поглотятся средой. На этой стадии выделившаяся во время взрыва энергия распространяется в таком большом объеме воздуха, что преобладающая часть его атомов и молекул не может очень сильно нагреться. Общее количество энергии, выделяющейся при взрывах на большой высоте в виде светового излучения, значительно больше, чем при воздушном взрыве на уровне моря, и, хотя около половины этой энергии излучается вторично нагретым воздухом, скорость ее распространения незначительна, а поэтому как поражающий фактор она значения не имеет. Однако остальная часть этой энергии излучается гораздо быстрее, т. е. за более короткий промежуток времени, чем при взрывах, осуществляемых на меньших высотах. При взрыве на большой высоте образуется ударная волна, однако на расстояниях, представляющих практический интерес, она вызывает меньшее увеличение давления, чем при воздушном взрыве той же мощности.

ГЛАВА 2
ОПИСАНИЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

ВВЕДЕНИЕ

2.01. С ядерными взрывами связан целый ряд характерных явлений, часть из которых может внешне наблюдаться, а другая часть непосредственно не наблюдается. Как указывалось в главе 1, некоторые особенности этих явлений зависят от вида взрыва, т. е. от того, является ли взрыв воздушным, взрывом на большой высоте, наземным (надводным) или подземным (подводным). Эта зависимость является результатом прямого и косвенного взаимодействия продуктов взрыва с окружающей средой и выражается в различном распределении выделяющейся при взрыве энергии, в особенности между ударной волной, волной сжатия и световым излучением. Кроме того, на распределение энергии взрыва может влиять также конструкция ядерного боеприпаса. И, наконец, на некоторые наблюдаемые явления могут оказать влияние метеорологические условия, такие, как температура, влажность, скорость и направление ветра, атмосферные осадки и давление, и даже характер местности, над которой происходит взрыв. Тем не менее характерные явления, свойственные определенному виду взрыва, а именно воздушному, наземному (надводному), подводному (подземному) или взрыву на большой высоте, остаются неизменными.

2.02. В данной главе рассматриваются воздушные взрывы, осуществляемые как на больших высотах, так и невысоко над поверхностью земли и имеющие мощность около 1 мегатонны. Данные о подводных взрывах на небольшой глубине основываются на результатах нескольких взрывов ядерных боеприпасов с тротиловым эквивалентом около 20 килотонн. Приводятся также данные о последствиях, которые можно ожидать при ядерных взрывах других мощностей. Однако, как правило, основные характерные явления, сопровождающие взрыв при определенных окружающих условиях, мало зависят от мощности взрыва. При дальнейшем рассмотрении материала настоящей главы следует учитывать следующее принятое допущение: считается, что типичный воздушный взрыв происходит на такой высоте, при которой огненный шар, даже при

своих максимальных размерах, не касается поверхности земли. Рассматриваются также характерные различия и специфические явления, свойственные для наземного (надводного) взрыва и взрыва на большой высоте. Кроме того, описываются некоторые характерные явления, связанные с подводным и подземным ядерными взрывами.

ОПИСАНИЕ ВОЗДУШНЫХ И НАЗЕМНЫХ (НАДВОДНЫХ) ВЗРЫВОВ

Огненный шар

2.03. Как было указано выше, деление ядер атомов урана (или плутония) в ядерном заряде приводит к высвобождению большого количества энергии в течение очень короткого промежутка времени в ограниченной массе делящегося вещества. В результате этого продукты деления, оболочка заряда и другие составные части ядерного боеприпаса нагреваются до чрезвычайно высоких температур, равных температуре в центре Солнца. Максимальная температура, которая достигается при ядерном взрыве, составляет несколько десятков миллионов градусов в то время, как максимальная температура взрыва обычного взрывчатого вещества составляет всего 5000° С (или 9000° F). Вследствие сильного нагрева, обусловленного выделением при ядерном взрыве большого количества энергии, все вещества переходят в газообразное состояние. Поскольку эти газы в момент взрыва занимают ограниченный объем (объем самой бомбы), они создают колоссальное давление. Это давление, вероятно, в миллионы раз больше атмосферного, т. е. составляет несколько миллионов килограммов на квадратный сантиметр.

2.04. За менее чем одну миллионную долю секунды, в течение которой происходит взрыв ядерного боеприпаса, сильно нагретые продукты взрыва излучают огромное количество энергии, преимущественно в виде невидимых рентгеновских лучей, которые поглощаются окружающей атмосферой на расстоянии нескольких метров от точки взрыва (п. 1.73). Это приводит к образованию сильно нагретой и ярко светящейся массы воздуха и газообразных продуктов взрыва, имеющей сферическую форму, которая в п. 1.29 была названа огненным шаром. На рис. 2.04 показан типичный огненный шар, образующийся при воздушном взрыве. Яркость поверхности огненного шара со временем уменьшается, однако спустя примерно одну миллисекунду[1] с момента взрыва ядерного боеприпаса мощностью 1 мегатонна огненный шар на расстоянии 80 км от места взрыва кажется во много раз ярче полуденного солнца. Во время нескольких ядерных взрывов, осуществленных на малых высотах на полигоне в штате Невада и имевших мощность менее 100 килотонн, ослепительный свет на небе в ранние утренние часы наблюдался на расстоянии 640 км и более от места взрыва. Это было не результатом прямолинейного распространения света, а, скорее всего, результатом его рассеивания и дифракции, то есть искривления лучей света частицами пыли и, возможно, частицами атмосферной влаги. Однако взрывы, осуществляемые на больших высотах и имевшие мощность порядка нескольких мегатонн, наблюдались непосредственно по прямой на расстоянии 1120 км от центра взрыва.

[1] Одна миллисекунда равна одной тысячной доле секунды.



Рис. 2.04. Огненный шар, образовавшийся при воздушном взрыве мегатонной мощности (сфотографирован на высоте 3600 м на расстоянии около 80 км); огненный шар частично закрыт конденсационным облаком (см. п. 2.47)

2.05. Температура поверхности огненного шара не сильно изменяется с изменением мощности взрыва. Следовательно, наблюдаемая при воздушном взрыве яркость свечения огненного шара остается неизменной, независимо от количества освобождаемой во время взрыва энергии. Сразу же после своего образования огненный шар начинает увеличиваться в размерах, вовлекая в себя окружающий воздух. Это увеличение размеров огненного шара сопровождается понижением его температуры в связи с одновременным увеличением его массы. В то же время огненный шар поднимается вверх, подобно баллону, наполненному нагретым воздухом. Спустя 0,7 миллисекунды с момента взрыва ядерного боеприпаса мощностью 1 мегатонна огненный шар имеет диаметр около 132 м, а через 10 секунд его диаметр увеличивается до максимального размера, составляющего около 2150 м. В это время огненный шар поднимается со скоростью 75—100 м/сек. Спустя минуту после взрыва огненный шар охлаждается настолько, что перестает испускать видимое излучение. За это время он поднимается на высоту примерно 7 км от центра взрыва.

Радиоактивное облако

2.06. В период свечения огненного шара его температура настолько велика, что по крайней мере во внутренней его части все вещества, из которых состоял ядерный боеприпас, находятся в парообразном состоянии. К таким веществам относятся радиоактивные продукты деления, уран (или плутоний), не подвергшийся делению, оболочка заряда и другие части ядерного боеприпаса. По мере того как огненный шар увеличивается в размерах и охлаждается, пары конденсируются и образуют облако, состоящее из твердых частиц вещества ядерного боеприпаса, а также из множества мелких капель воды, находящихся в воздухе и вовлеченных в поднимающийся огненный шар.

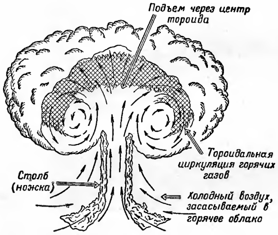


Рис. 2.07а. Тороидальная циркуляция в радиоактивном облаке ядерного взрыва

2.07. В самом начале подъема огненного шара происходит изменение его внешней формы из-за охлаждения его наружной поверхности в процессе излучения, а также в результате засасывания внутрь шара воздуха, через который он проходит. Хотя изменение формы огненного шара трудно наблюдать, из-за того что вскоре после своего образования огненный шар оказывается скрытым от наблюдения радиоактивным облаком и различными осколками, можно утверждать, что из шарообразной форма огненного шара становится кольцевидной (или похожей на лепешку). При подъеме вверх внутри кольца происходит сильное тороидальное движение, как показано на рис. 2.07а. Образование кольца обычно наблюдается в нижней части видимого радиоактивного облака, как это показано на более светлой, то есть более светящейся части облака, изображенного на рис. 2.07б. В течение всего периода быстрого подъема огненного шара тороидальное движение внутри его замедляется, и по мере поднятия радиоактивного облака на максимальную высоту это движение может совершенно прекратиться. При взрывах мощностью в несколько мегатонн вихревое движение продолжается даже после того, как радиоактивное облако достигло своей максимальной высоты.

2.08. Благодаря присутствию в облаке различных соединений, обладающих определенным цветом (в том числе азотной кислоты и окислов азота), радиоактивное облако вначале имеет красный или красновато-коричневый цвет. Эти соединения образуются в результате происходящего при высокой температуре и под воздействием ядерного излучения химического взаимодействия между присутствующими в воздухе азотом, кислородом и водяными парами. По мере того как огненный шар охлаждается и происходит конденсация паров воды, цвет радиоактивного облака меняется на белый, главным образом благодаря присутствию в нем капелек воды, как это имеет место в обычном, естественном облаке.

2.09. В зависимости от высоты взрыва и характера местности в непосредственной близости от места взрыва образуются сильные потоки воздуха, направленные от периферии к центру и вверх и называемые вторичными потоками. Эти потоки поднимают с поверхности земли большое количество пыли и других частиц и увлекают их в радиоактивное облако (рис. 2.07б).

2.10. При воздушном взрыве в радиоактивное облако вовлекается лишь незначительное количество пыли и других частиц, в результате чего радиоактивной становится только небольшое количество этой пыли. Это происходит по той причине, что в момент, когда продукты деления перед своей конденсацией все еще продолжают оставаться в парообразном состоянии, частицы пыли не так тщательно перемешиваются с этими продуктами деления. Однако при воздушном взрыве у поверхности земли вскоре после взрыва в радиоактивное облако вовлекается большое количество пыли и других частиц. Поэтому в течение начальной фазы образования и подъема радиоактивного облака происходит хорошее смешение частиц пыли с продуктами деления; при конденсации находящихся в парообразном состоянии продуктов деления они оседают на отдельные пылинки, образуя при этом сильно радиоактивные частицы.

2.11. Вначале поднимающаяся вверх масса продуктов взрыва, образующая радиоактивное облако, увлекает с собой частицы пыли, но через некоторое время под влиянием силы тяжести эти частицы начинают медленно оседать с различной скоростью, зависящей от их размеров. В результате этого образуется вытянутый вверх (и расширенный в стороны) столб облака (или дыма). Это облако состоит главным образом из мельчайших частиц радиоактивных продуктов деления и остатков ядерного боеприпаса, капелек воды, а также из более крупных частиц пыли и различных осколков, поднятых вверх вторичным потоком.

2.12. Скорость подъема верхней кромки радиоактивного облака зависит от метеорологических условий и мощности взрыва. Примерные значения скорости подъема облака при взрыве мощностью в 1 мегатонну приведены в таблице 2.12. Представление об этой скорости можно получить также при рассмотрении графика на рис. 2.12. Из данных таблицы и графика следует, что за 30 секунд облако достигает высоты около 5 км, а за 1 минуту — около 7 км.

Таблица 2.12

Скорость подъема радиоактивного облака

Высота (км)	Время (мин)	Скорость подъема (км/час)
3,2	0,3	480
6,4	0,75	320
9,6	1,4	224
16,0	3,8	144
22,4	6,3	56

Средняя скорость подъема за первую минуту составляет около 420 км/час. Эти значения следует рассматривать только как

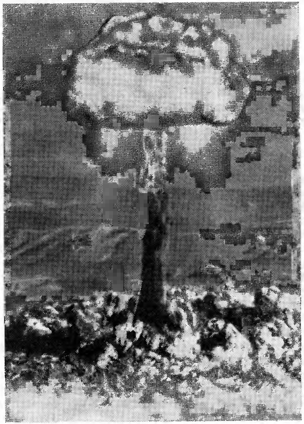


Рис. 2.07б. Столб пыли, втянутый восходящими потоками воздуха при воздушном взрыве на небольшой высоте

ориентировочные данные, и при различных условиях могут быть большие отклонения от них.

2.13. Максимальная высота, которой достигает радиоактивное облако, зависит от количества тепловой энергии, выделяющейся при взрыве, а также от атмосферных условий, например от содержания влаги и стабильности атмосферы. Обычно, чем больше количество выделяемой при взрыве тепловой энергии, тем больше величина подъемной силы, действующей на облако, и, следовательно, тем больше будет высота его подъема. Предполагая, что радиоактивное облако при своем подъеме достигает уровня тропо-

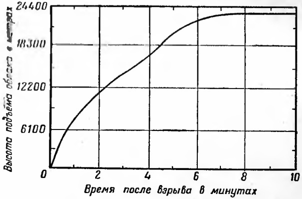


Рис. 2.12. Высота подъема облака (над центром взрыва) для различных моментов времени при воздушном ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну

паузы[1], т. е. слоя атмосферы, лежащего между верхней границей тропосферы и нижней границей стратосферы, получим, что на максимальную высоту подъема облака будет оказывать большое влияние тропопауза.

2.14. Достигнув тропопаузы, облако стремится распространяться в горизонтальном направлении, т. е. в стороны. Но если по достижении этой высоты в радиоактивном облаке сохранилось достаточно энергии, то оно частично будет проникать через тропопаузу в более стабильные слои стратосферы.

2.15. За 10 минут подъема облако достигает своей максимальной высоты, а затем, как говорят, стабилизируется. Однако оно продолжает распространяться в горизонтальном направлении, приобретая при этом грибовидную форму, характерную для ядерных взрывов (рис. 2.15). Грибовидное облако может оставаться

[1] Тропопаузой называется слой атмосферы, граничащий между тропосферой и относительно стабильным слоем воздуха стратосферы. Состояние тропопаузы изменяется в зависимости от времени года и географической широты и простирается от высоты 7,5 тыс. м в районе полюсов примерно до 16,5 тыс. м в районе экватора.

видимым в течение примерно часа или больше, пока оно не рассеется ветрами в окружающей атмосфере и не сольется с естественными облаками.

2.16. Размеры стабилизированного облака, образованного при ядерном взрыве, зависят от метеорологических условий, которые изменяются в зависимости от времени и места взрыва. На

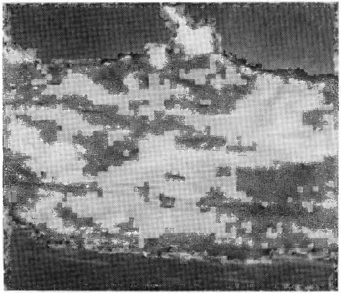


Рис. 2.15. Грибовидное облако, образовавшееся при ядерном взрыве мегатонной мощности (сфотографировано на высоте 3600 м и на расстоянии около 80 км от места взрыва)

рис. 2.16 приведены приблизительные значения высоты подъема облака и его радиуса (спустя примерно 10 минут после взрыва). Они выражены в виде функции мощности взрыва, осуществленного у земной поверхности в условиях, наиболее распространенных на континентальной части США. Уменьшение крутизны кривой в диапазоне мощностей в 20—100 килотонн объясняется влиянием тропопаузы на уменьшение скорости подъема облака. Для мощностей взрыва ниже 15 килотонн указанные на графике высоты являются расстояниями между центром взрыва и вершиной облака, в то время как для бóльших мощностей значения высот выражают расстояния между уровнем моря и вершиной облака. Для наземных взрывов максимальная высота подъема облака несколько меньше по сравнению со значениями, приведенными на рис. 2.16; причиной этому является влияние, оказываемое

на подъем облака массой пыли и других частиц, увлекаемых вверх взрывом.

2.17. Для мощностей взрыва, меньших чем примерно 20 килотонн, радиус столба грибовидного облака составляет около половины радиуса самого облака. Однако при увеличении мощности взрыва отношение этих размеров уменьшается, и для мощности взрыва порядка нескольких мегатонн размеры столба облака могут составлять лишь одну пятую — одну десятую часть общего

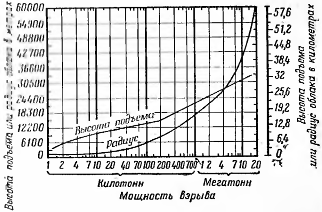


Рис. 2.16. Зависимость высоты подъема и радиуса радиоактивного облака от мощности взрыва

размера облака. В радиоактивном облаке, которое не распространяется в тропопаузе, диаметр основания шляпки гриба ориентировочно составляет примерно половину ее высоты. Для взрывов большей мощности широкое основание шляпки гриба будет, вероятно, наблюдаться на уровнях тропопаузы. При переходе от мощности взрыва порядка нескольких килотонн до нескольких мегатонн наблюдается изменение формы радиоактивного облака. Типичное облако, образующееся при воздушном взрыве мощностью 10 килотонн, достигает высоты около 9 тыс. м и имеет основание шляпки гриба размером примерно 4,5 тыс. м; горизонтальная протяженность облака составляет также примерно 4,5 тыс. м. Однако при взрыве мощностью порядка нескольких мегатонн горизонтальные размеры шляпки гриба облака больше, чем общая высота.

Характеристика наземного (надводного) взрыва

2.18. Поскольку многие явления и виды воздействия, характерные для ядерного взрыва, происходящего на поверхности земли, аналогичны явлениям, которые наблюдаются при воздушном взрыве, то перед рассмотрением остальных вопросов целесооб-

разно указать на некоторые особенности взрыва на поверхности земли (воды). При наземном (надводном) взрыве огненный шар в начальный период своего развития касается поверхности земли (рис. 2.18а). Ввиду сильного нагрева окружающей среды значительная часть скальных пород, грунта и других материалов, находящихся в зоне взрыва, испаряется и захватывается огненным шаром. Было рассчитано, что если только 1% энергии, выделяющейся при ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну, будет израсходован на нагрев грунта, то к обычным веществам, из которых состоит огненный шар, добавится около 4 тыс. т испаривше-

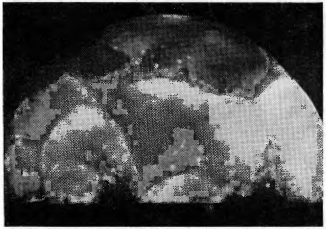


Рис. 2.18а. Огненный шар, образовавшийся при ядерном взрыве мегатонной мощности у поверхности земли. Максимальный диаметр огненного шара составил около 5,2 км

гося грунта. Кроме того, возникающие у поверхности земли вторичные воздушные потоки поднимут большое количество почвы, пыли и других частиц, которые устремятся вверх вслед за поднимающимся огненным шаром (рис. 2.18б).

2.19. Следовательно, основное различие между наземным и воздушным взрывами состоит в том, что при наземном взрыве радиоактивное облако гораздо больше загрязнено радиоактивными частицами грунта, чем при воздушном взрыве. В состав этих веществ входят как очень маленькие частицы, образовавшиеся в результате конденсации при охлаждении огненного шара, так и более крупные частицы, увлеченные вверх вторичными воздушными потоками. Точный состав радиоактивного облака в каждом конкретном случае будет, конечно, зависеть от состава грунта и от степени его контакта с огненным шаром.

2.20. При наземных взрывах, осуществленных при проведении ряда испытаний, скорость подъема радиоактивного облака была такой же, как и при воздушном взрыве (см. таблицу 2.12). Радиоактивное облако, прежде чем принять грибовидную форму, поднимается на высоту в несколько километров.

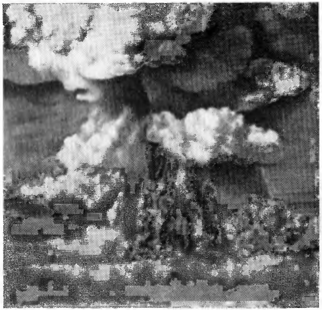


Рис. 2.18б. Образование облака пыли при наземном ядерном взрыве

2.21. В результате испарения грунта и других материалов в момент соприкосновения огненного шара с поверхностью земли, а также вследствие разброса грунта ударной волной и образующимися при взрыве потоками воздуха на поверхности земли образуется воронка. Размеры этой воронки зависят от высоты и мощности взрыва, а также от характера грунта. Считается, что при ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну значительная воронка образуется лишь в том случае, если высота взрыва составляет менее 135 м.

2.22. Если ядерный взрыв происходит у поверхности воды, то большое количество воды испаряется и поднимается вместе с радиоактивным облаком. Например, если предположить, как отмечалось в п. 2.18, что на испарение расходуется 1% энергии, выделяющейся при взрыве мощностью в 1 мегатонну, то в пар превратится около 20 тыс. т воды. Когда облако достигает большой

высоты, то этот пар конденсируется с образованием капелек воды, подобно тому, что происходит при образовании обычных атмосферных облаков.

Выпадение радиоактивных веществ

2.23. При наземном (надводном) взрыве большое количество грунта (воды) вовлекается в огненный шар в начальной стадии его развития и расплавляется или испаряется в нем. Когда огненный шар достаточно охлаждается, то продукты деления и другие радиоактивные материалы при конденсации осаждаются на частицах грунта. При этом лишь небольшая часть твердых частиц грунта, образующихся при дальнейшем охлаждении, равномерно по всему объему заражается радиоактивными продуктами деления и другими остаточными продуктами взрыва; преобладающая же масса частиц грунта оказывается зараженной лишь с поверхности, в тонком слое, окружающем эти частицы. Капельки воды заражаются также неравномерно; небольшие частички радиоактивных продуктов деления находятся в отдельных точках внутри капелек. Как только спадет сильное возмущение среды, вызванное взрывом, зараженные частицы грунта и капельки воды постепенно оседают на землю. Это явление известно как выпадение радиоактивных продуктов взрыва. Именно эти радиоактивные продукты, радиоактивный распад которых продолжается в течение длительного времени, являются основным источником остаточного ядерного излучения, о котором упоминалось в предыдущей главе[1].

2.24. Количество и характер выпадения радиоактивных веществ могут изменяться в широких пределах. Действительная обстановка будет определяться сочетанием ряда конкретных условий, в которых происходит взрыв: мощностью взрыва, конструкцией ядерного боеприпаса, высотой взрыва, характером грунта местности, над которой происходит взрыв, а также метеорологическими условиями. Например, при воздушном взрыве, осуществленном на значительной высоте над поверхностью земли, при котором в облако вовлекается лишь небольшое количество грунта или воды с поверхности земли, радиоактивные частицы находятся в сильно рассеянном состоянии. В этом случае опасность поражения от выпадения этих частиц будет гораздо меньшей, чем при наземном взрыве. Например, в городах Хиросима и Нагасаки, над которыми бомбы с тротиловым эквивалентом около 20 килотонн были взорваны на высоте примерно 555 м над поверхностью земли, совершенно не было жертв, вызванных выпадением радиоактивных продуктов взрыва.

2.25. С другой стороны, ядерный взрыв, осуществленный на поверхности земли или вблизи от нее, может вызвать сильное заражение местности благодаря выпадению радиоактивных веществ. Например, при термоядерном взрыве мощностью 15 мегатонн, осуществленном 1 марта 1954 года на атолле Бикини и имевшем кодовое наименование «Браво» в серии испытаний, называемой «Кэсл», последовавшее после взрыва выпадение радиоактивных веществ вызвало сильное заражение местности на площади более 18 тыс. кв. км. Зараженный район, грубо говоря, имел форму сигары и простирался в направлении ветра более чем на 500 км и на 32 км против ветра. Ширина зараженной полосы местности (в направлении, перпендикулярном направлению ветра) была различной, и максимальная ее величина составляла около 96 км (п. 9.100).

2.26. К метеорологическим условиям, определяющим форму, протяженность и район выпадения радиоактивных веществ, относятся высота уровня тропопаузы, направление и скорость ветра на различных высотах, а также наличие атмосферных осадков. При данной мощности и виде взрыва, а также высоте уровня тропопаузы на форму следа радиоактивного облака влияет главным образом направление и скорость ветра в слое воздуха над районом выпадения, простирающимся от поверхности земли до верхней кромки стабилизированного радиоактивного облака. Толщина этого слоя может превысить 30 км. Из дальнейшего рассмотрения будет видно, что на след радиоактивного облака, образованного в результате ядерного взрыва, оказывает влияние не только изменение скорости и направления ветра с высотой, но и их изменение во времени с момента взрыва до момента оседания радиоактивных частиц на поверхность земли, который, вероятно, наступает спустя несколько часов после взрыва.

2.27. Очевидно, что процесс выпадения радиоактивных продуктов взрыва является постепенным и происходит в течение определенного времени. Например, при осуществлении взрыва «Браво» на границах района площадью более 18 тыс. кв. км радиоактивные частицы начали выпадать на землю лишь спустя примерно 10 часов после взрыва. К этому времени радиоактивное облако настолько рассеялось, что перестало быть видимым. Из этого вытекает тот важный факт, что выпадение радиоактивных веществ может происходить даже тогда, когда само радиоактивное облако становится уже невидимым. Тем не менее представляющий наибольшую опасность зараженный район обычно образуется в результате выпадения видимых радиоактивных частиц. По своим размерам эти частицы колеблются от тонких песчинок, имеющих диаметр до 100 микрон[1] и оседающих в наиболее отдаленных участках района выпадения, до очень крупных частиц диаметром около 1 см, которые выпадают в непосредственной близости от центра взрыва.

[1] Другим источником ядерного излучения является наведенная радиоактивность различных материалов, возникающая под действием нейтронов, которые захватываются этими материалами в момент взрыва, особенно в районах, расположенных близко к центру взрыва.

[1] 1 микрон равен одной миллионной части метра, т. е. 10^{-6} м.

2.28. Частицы упомянутых размеров оседают на землю в течение одних суток с момента взрыва и распространяются по направлению ветра не более чем на несколько сотен километров от места взрыва. Таким образом, след радиоактивного облака, состоящего из частичек видимых размеров, будет образован в течение примерно 24 часов с момента взрыва. Этот вид выпадения называется ранним выпадением радиоактивных продуктов взрыва, а иногда местным или ограниченным выпадением. Кроме того, существует другой тип выпадения, при котором мельчайшие частицы оседают очень медленно, покрывая большие территории земной поверхности. Этот вид выпадения называется поздним выпадением радиоактивных продуктов взрыва, а иногда глобальным выпадением.

2.29. Хотя местное выпадение радиоактивных продуктов взрыва, наблюдавшееся после испытательного термоядерного взрыва 1 марта 1954 года, являлось наиболее обширным из когда-либо зарегистрированных выпадений, следует отметить, что данное явление не обязательно является характерной особенностью термоядерных взрывов. Весьма вероятно, что если бы указанный термоядерный взрыв был произведен на значительной высоте над коралловым островом, так чтобы огромный огненный шар не касался поверхности земли, то местное выпадение радиоактивных веществ было бы менее значительным.

2.30. Различные процессы, приводящие к выпадению из радиоактивного облака радиоактивных веществ, могут быть объяснены с помощью одного общего термина — «очистка». Один из этих процессов заключается в том, что определенное количество пыли и других частиц, образованных при наземном ядерном взрыве (или взрыве на небольшой высоте от земли), увлекается вверх с радиоактивным облаком; последующая конденсация продуктов деления и других газообразных радиоактивных продуктов на частицах пыли, а затем их относительно быстрое оседание на землю приводит к своего рода очистке радиоактивного облака от радиоактивных веществ.

2.31. Другой процесс такой очистки, который может происходить в любой стадии существования радиоактивного облака, является результатом выпадения дождевых осадков, уносящих вместе с каплями дождя радиоактивные частицы из этого облака. Это является одной из причин образования так называемых горячих зон, то есть районов с намного повышенной радиоактивностью по сравнению с остальными окружающими зараженными участками, образованными в результате как раннего, так и позднего выпадения радиоактивных продуктов взрыва. Поскольку источниками дождей являются атмосферные облака, находящиеся на высоте менее 6 тыс. м, то процесс очистки радиоактивного облака от радиоактивных частиц с помощью дождя, вероятнее всего, имеет место только до этой высоты.

Ударная волна

2.32. В течение какой-то доли секунды с момента взрыва возникает волна сильного сжатия, которая распространяется от огненного шара во все стороны (рис. 2.32). Это и есть ударная волна, о которой упоминалось в п. 1.02 и которая является причиной большого разрушающего действия воздушных взрывов. Более подробные сведения о действии ударной волны приводятся ниже.

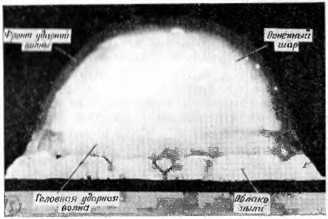


Рис. 2.32. Слабо светящийся фронт ударной волны виден вблизи границ полусферического огненного шара вскоре после того, как он оторвался от последнего

Фронт ударной волны быстро удаляется от огненного шара и напоминает движущуюся стену сильно сжатого воздуха. По истечении 10 секунд с момента ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну, когда огненный шар достигает своих максимальных размеров (его диаметр равен 2,16 км), фронт ударной волны находится на расстоянии 4,8 км от его кромки. Спустя 50 секунд после взрыва, когда огненный шар становится уже невидимым, ударная волна успевает распространиться на расстояние более 19 км. Затем она движется со скоростью примерно 350 м/сек, что несколько больше, чем скорость звука на уровне моря.

2.33. При достижении поверхности земли ударная волна отражается от нее, подобно тому как отражается звуковая волна, образуя эхо. Отраженная ударная волна способна производить разрушения так же, как и падающая (прямая). На некотором расстоянии от эпицентра взрыва, зависящем главным образом от высоты и мощности взрыва, у поверхности земли (воды) фронты

прямой и отраженной ударных волн сливаются и образуется волна Маха (или головная ударная волна), имеющая почти вертикальный фронт. Это явление слияния прямой и отраженной волн называется эффектом Маха. Избыточное давление во фронте волны Маха обычно в два раза больше, чем избыточное давление во фронте падающей ударной волны.

2.34. При воздушном взрыве мощностью в 1 мегатонну, осуществленном на высоте около 2 тыс. м, эффект Маха наблюдается примерно через 4,5 секунды после взрыва вдоль линии, напоминающей окружность и отстоящей от эпицентра на расстоянии примерно 2 км[1]. В этот момент избыточное давление на поверхности земли во фронте ударной волны составляет около 1,12 кг/см^2, так что общее (абсолютное) давление воздуха при этом превышает более чем в два раза нормальное атмосферное давление[2].

2.35. Вначале высота фронта волны Маха небольшая, но по мере продвижения этого фронта от эпицентра взрыва она увеличивается. В то же время избыточное давление во фронте волны Маха, как и во фронте падающей (прямой) волны, уменьшается по мере постоянного уменьшения энергии волны и все увеличивающейся площади, которую охватывает движущийся фронт этой волны. Спустя 40 секунд после ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну, когда фронт волны Маха уже находится на расстоянии 16 км от эпицентра взрыва, избыточное давление уменьшается примерно до 0,07 кг/см^2.

2.36. Расстояние от эпицентра взрыва, на котором наблюдается эффект Маха, изменяется в зависимости от высоты взрыва. Например, как видно из рис. 2.32, при взрыве на низкой высоте во время испытаний под названием «Тринити» (в Аламогордо, штат Нью-Мексико) фронт волны Маха наблюдался в тот момент, когда фронт прямой ударной волны находился на небольшом расстоянии от огненного шара. Наоборот, при воздушном взрыве на очень большой высоте сколько-нибудь заметного эффекта Маха не наблюдается.

2.37. Необходимо отметить, что при прохождении фронта ударной волны образуются очень сильные скоротечные ветровые потоки воздуха. Максимальная скорость воздуха в ударной волне на сравнительно близких от эпицентра расстояниях может достигать нескольких сотен километров в час; даже на расстоянии около 10 км от места взрыва мощностью в 1 мегатонну максимальная скорость воздуха будет более 110 км/час. Очевидно, что такие сильные потоки воздуха способны значительно увеличить разрушения, которые вызываются действием избыточного давления ударной волны, возникающей при ядерном взрыве.

[1] Под эпицентром взрыва понимается точка на поверхности земли (воды), расположенная под (или над) центром взрыва.

[2] Нормальное атмосферное давление на уровне моря составляет 1,03 кг/см^2.

Световое излучение при воздушном взрыве

2.38. Сразу же после взрыва остаточные продукты взрыва становятся источником начального светового излучения (п. 1.72). Ввиду очень высокой температуры среды значительная часть этого излучения испускается в виде рентгеновских лучей, которые поглощаются слоем воздуха толщиной порядка нескольких метров, затем энергия, заключенная в огненном шаре, вторично излучается в виде светового излучения, состоящего из ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных лучей. Ввиду некоторых процессов, происходящих в огненном шаре (п. 2.98 и другие), температура его

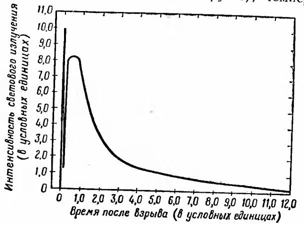


Рис. 2.39. Кривая, иллюстрирующая импульсы светового излучения

поверхности изменяется несколько необычным образом. Температура внутри огненного шара падает постепенно, а температура на его внешней поверхности падает более резко в течение небольшой доли секунды. Затем снова наступает повышение температуры видимой поверхности огненного шара, которое происходит в течение более длительного промежутка времени, после чего эта температура падает уже непрерывно (рис. 2.113). Другими словами, на поверхности огненного шара наблюдается два эффективных температурных импульса. Первый импульс имеет весьма малую продолжительность, в то время как второй продолжается в течение значительно большего времени. Это явление свойственно как для воздушного, так и для наземного (надводного) взрывов. Продолжительность каждого импульса возрастает с увеличением мощности взрыва.

2.39. Соответственно двум импульсам температуры поверхности огненного шара существуют и два импульса светового излучения, испускаемого огненным шаром (рис. 2.39). В первом импульсе,

который при взрыве мощностью в 1 мегатонну длится около одной десятой доли секунды, температура поверхности огненного шара обычно очень высокая. Ввиду этого большая часть светового излучения в этом импульсе приходится на ультрафиолетовую часть спектра. Хотя ультрафиолетовые лучи могут вызвать ожоги кожи, первый импульс светового излучения при обычном воздушном взрыве в большинстве случаев по многим причинам не вызывает значительных поражений. Во-первых, при первом импульсе из-за его непродолжительности испускается только около 1% от общей энергии светового излучения. Во-вторых, ультрафиолетовые лучи легко ослабляются слоем воздуха, через который они проходят, так что количество этих лучей, проникающих на значительное расстояние от центра взрыва, может быть сравнительно небольшим. Кроме того, оказывается, что ультрафиолетовые лучи, исходящие от первого импульса, могут оказать значительное воздействие на кожу человека только на таких расстояниях, на которых воздействие других видов светового излучения значительно серьезнее. Однако необходимо отметить, что, хотя первый импульс светового излучения можно и не принимать во внимание как источник ожогов кожи, он способен вызвать длительное или временное поражение глаз, особенно в тех случаях, если человек случайно смотрел в направлении места взрыва.

2.40. В противоположность первому импульсу второй импульс светового излучения может длиться несколько секунд, например около 10 секунд для взрыва мощностью в 1 мегатонну; при этом он включает в себя около 99% суммарной энергии светового излучения. Поскольку во втором импульсе температура поверхности огненного шара ниже, чем в первом импульсе, большая часть лучей, достигающих поверхности земли, состоит из видимых и инфракрасных (невидимых) лучей. Именно это излучение является основной причиной ожогов кожи различной степени, которые при взрыве бомбы мощностью в 1 мегатонну могут быть получены лицами, подвергшимися воздействию светового излучения на расстоянии около 19 км и более, а также причиной поражений глаз даже на больших расстояниях от места взрыва. При взрывах большей мощности, как будет показано в главе 7, радиус поражения увеличивается. Второй импульс светового излучения может при определенных условиях вызвать также пожары.

Начальное ядерное излучение при воздушном взрыве

2.41. Как указывалось в главе 1, взрыв ядерной бомбы сопровождается различными ядерными излучениями. Эти излучения состоят из потока нейтронов, гамма-лучей, альфа- и бета-частиц. Почти все нейтроны и часть гамма-лучей испускаются в процессе деления. Эти излучения возникают одновременно с ядерным взрывом и поэтому называются мгновенным ядерным излучением.

Часть нейтронов, освобождающихся в процессе деления, сразу же захватывается ядрами атомов различных веществ, имеющихся в бомбе, а другая часть испытывает «рассеивающее столкновение» с ядрами этих атомов. Эти процессы часто также сопровождаются мгновенным испусканием гамма-лучей. Кроме того, многие нейтроны, вылетевшие из сферы реакции, испытывают подобные взаимодействия с ядрами атомов воздуха, образуя при этом вокруг точки взрыва обильный источник гамма-излучения. Остальная часть гамма-лучей и бета-частиц испускается в течение некоторого периода времени в процессе радиоактивного распада продуктов деления. Точно так же альфа-частицы испускаются в результате радиоактивного распада урана (или плутония), не подвергшегося делению во время взрыва.

2.42. Под начальным ядерным излучением обычно подразумеваются излучения, испускаемые как огненным шаром, так и радиоактивным облаком в течение первой минуты после взрыва. Начальное ядерное излучение включает в себя поток нейтронов и гамма-лучей, испускаемых почти мгновенно, а также поток гамма-лучей, испускаемых радиоактивными продуктами деления и другими радиоактивными веществами, находящимися в поднимающемся облаке. Необходимо отметить, что начальное ядерное излучение включает в себя также альфа- и бета-частицы, однако они не принимаются во внимание по той причине, что они легко поглощаются и максимальная величина их свободного пробега составляет всего несколько метров.

2.43. Первоначально было принято, что продолжительность испускания начального ядерного излучения составляет 1 минуту. В основе этих предложений лежали следующие соображения. Вследствие последовательного поглощения воздухом гамма-лучей, возникающих в результате реакции деления или при распаде продуктов деления, радиус их поражающего действия для взрыва мощностью в 20 килотонн составляет примерно 3,2 км. Другими словами, гамма-лучи, возникающие от источника, находящегося на высоте более 3,2 км, не окажут вредного действия на объекты, расположенные на поверхности земли. Таким образом, когда радиоактивное облако поднимается на высоту 3,2 км, ядерное излучение оказывает незначительное воздействие; поскольку для подъема облака на эту высоту требуется примерно 1 минута, продолжительность испускания начального ядерного излучения и была принята равной 1 минуте.

2.44. Приведенный выше расчет был произведен на основе характеристик ядерного взрыва мощностью 20 килотонн. При взрыве большей мощности максимальный радиус поражающего действия гамма-лучей будет большим. Однако при этом скорость подъема облака окажется значительной. Точно так же для взрыва меньшей мощности эффективный радиус действия гамма-лучей будет меньшим, но при этом соответственно будет меньше и скорость подъема облака. Следовательно, продолжительность испускания

начального ядерного излучения, независимо от мощности взрыва, может быть принята одна и та же, а именно 1 минута.

2.45. При термоядерных реакциях, о которых упоминалось в п. 1.66, единственным значительным источником ядерного излучения являются нейтроны, освобождаемые непосредственно при этих реакциях. При этом образуются также альфа-частицы (ядра атомов гелия), но они проникают на незначительное расстояние от места взрыва. Часть освобождающихся нейтронов вылетает из сферы реакции, остальные же захватываются ядрами атомов различных веществ, имеющихся в ядерном боеприпасе. Те нейтроны, которые захватываются делящимися веществами, могут вызвать деление ядер с освобождением большого количества новых нейтронов и испусканием гамма-лучей. Кроме того, захват нейтронов, не сопровождаемый делением ядер, обычно также приводит к испусканию гамма-лучей. Из сказанного следует, что начальное ядерное излучение при ядерном взрыве, основанном как на делении ядер, так и на процессе синтеза (термоядерной реакции), состоит в основном из нейтронов и гамма-лучей. Соотношение этих двух типов излучений, характерное для термоядерного взрыва, может несколько отличаться от их соотношения, характерного для взрыва, основанного только на одной реакции деления, но для практических целей это различие можно не принимать во внимание.

Другие явления, сопровождающие ядерный взрыв

2.46. Следует упомянуть о некоторых интересных явлениях, связанных с воздушным ядерным взрывом, хотя они и не связаны с разрушительным и поражающим действием ядерного взрыва. Вскоре после взрыва на некотором расстоянии от огненного шара можно наблюдать фиолетовое свечение, которое особенно заметно ночью или в пасмурный день. Это свечение продолжается в течение значительного времени и отчетливо видно близ верхней части радиоактивного облака. Предположительно это явление возникает в результате сложной серии процессов, вызванных действием гамма-лучей на азот и кислород воздуха.

2.47. Другим явлением, сопровождающим ядерный взрыв на его ранней стадии и при определенных условиях, является образование конденсационного облака. Его иногда называют облаком Вильсона (или эффектом камерного облака), потому что оно образуется под воздействием условий, аналогичных условиям, создаваемым учеными для образования искусственным путем облака в камере Вильсона. В главе 3 будет показано, что за движущимся в воздухе фронтом ударной волны с высоким давлением следует волна разрежения. В фазе сжатия ударной волны температура воздуха повышается, а в фазе разрежения — понижается. Температура воздуха в период фазы разрежения может понизиться до меньшего уровня, чем он имел до наступления периода фазы сжатия. Если воздух содержит при этом значительное количество паров воды, то происходит их конденсация с образованием облака.

2.48. Конденсационное облако, которое наблюдалось во время взрыва под названием «Эйбл» при испытании ядерного оружия

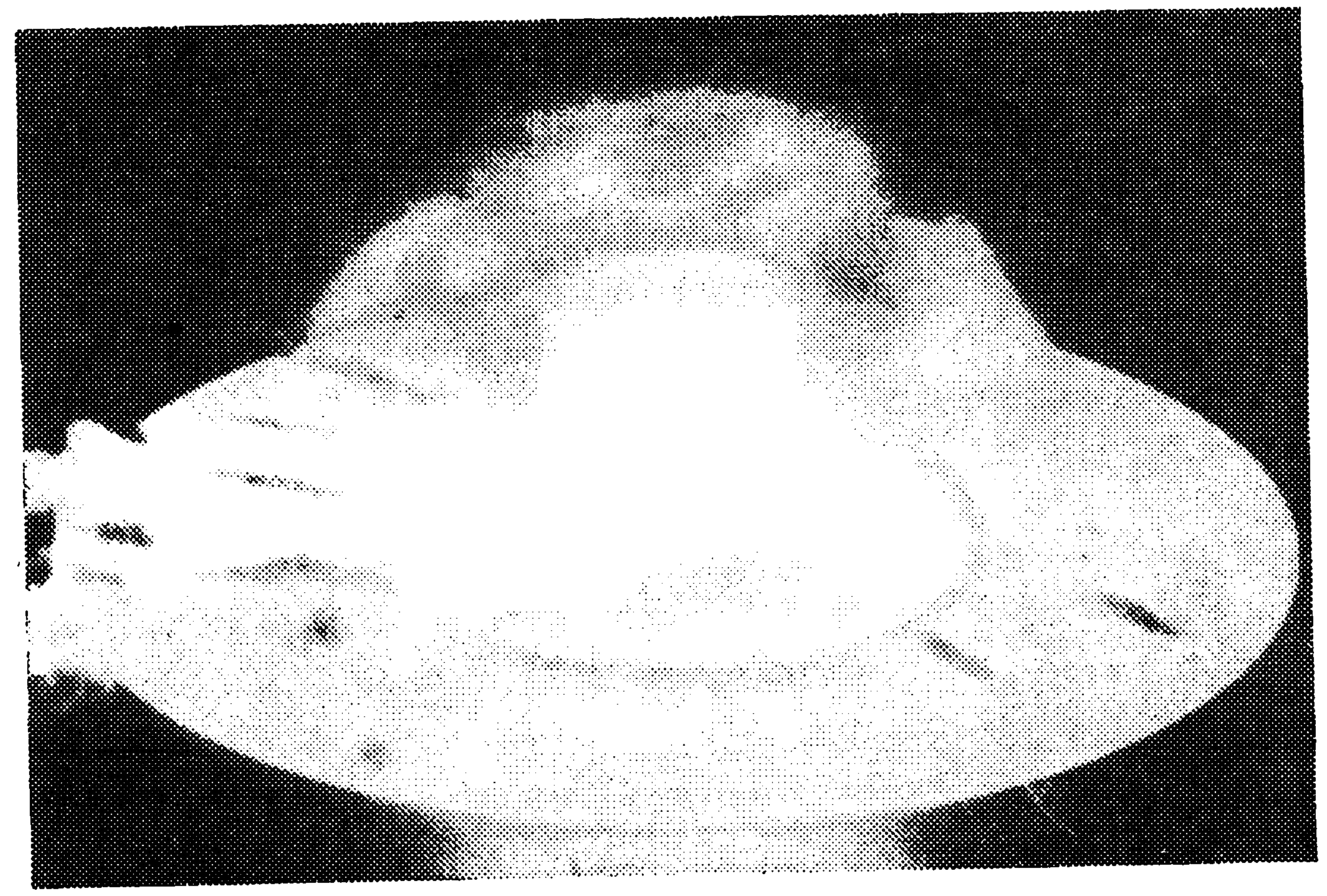


Рис. 2.48. Конденсационное облако, образовавшееся при воздушном взрыве над водой



Рис. 2.49. Последняя стадия развития конденсационного облака, образовавшегося при воздушном взрыве над водой

в 1946 году на атолле Бикини, показано на рис. 2.48. Поскольку ядерный боеприпас был взорван близ водной поверхности лагуны, воздух был почти полностью насыщен парами воды и условия способствовали образованию конденсационного облака. На фото-

снимке видно, что конденсационное облако образуется на некотором расстоянии от огненного шара. Это происходит вследствие того, что фронт ударной волны должен пройти значительное расстояние, перед тем как давление ударной волны понизится до уровня, при котором температура воздуха в фазе разрежения будет ниже начальной. Когда температура воздуха понижается настолько, что происходит конденсация паров воды, фронт ударной волны успевает продвинуться дальше, как это видно на рис. 2.48, на котором изображен светлый диск на поверхности воды, обозначающий прохождение ударной волны.

2.49. Так как для образования конденсационного облака необходима относительно высокая влажность воздуха, то наиболее благоприятные условия для образования такого облака создаются при ядерных взрывах, осуществляемых над поверхностью воды или под водой, как это происходило во время испытаний на атолле Бикини в 1946 году. Конденсационное облако начало образовываться через 1—2 секунды после взрыва и полностью исчезло в течение последующей секунды, когда воздух снова нагрелся и капли воды испарились. Конденсационное облако, имевшее форму купола, вначале превратилось в кольцевидное облако, как это видно на рис. 2.49, а затем совершенно исчезло.

2.50. Поскольку конденсационное облако образуется после того, как огненный шар испустил преобладающую часть светового излучения, оно оказывает мало влияния на интенсивность светового излучения. Правда, густые облака, и особенно облака дыма, могут ослабить световое излучение.

Стадии развития воздушного взрыва

2.51. На рис. 2.51 а, б, в, г, д, приведенных в конце настоящей главы, отражены наиболее существенные особенности описанного выше воздушного ядерного взрыва. На этих рисунках изображены взрыв мощностью в 20 килотонн, осуществленный на высоте 528 м, и взрыв мощностью в 1 мегатонну, осуществленный на высоте 1,95 км. Ввиду того что по отношению к ядерным взрывам применимы некоторые простые правила, известные под названием законов подобия (гл. 3), представляется возможным, используя эти законы, показать на одних и тех же рисунках время и расстояния, относящиеся к двум упомянутым выше мощностям взрыва. Указанные выше высоты для этих двух взрывов были избраны потому, что при этих высотах взрыва действие ударной волны вызывает, по-видимому, максимальные разрушения в городе средних размеров. Указанные на рисунках числовые значения характеризуют последовательное развитие различных явлений, связанных с вышеуказанными воздушными взрывами.

2.52. Следует отметить, что на рисунках протекающие при взрыве процессы изображены только в схематической форме и не выражают всего того, что можно наблюдать при взрыве. Единственными явлениями, которые глаз человека смог бы, вероятно, увидеть, если он не будет ослеплен вспышкой, являются огненный шар и радиоактивное облако (здесь не говорится о конденсационном облаке, поскольку для его образования требуется высокая влажность; да и в любом случае это облако не имеет практического значения). Человек может почувствовать нагрузку, вызванную прохождением ударной волны, его кожа чувствительна к световому излучению, но ни один из органов чувств человека не может ощущать умеренных доз ядерного излучения. Однако ядерное излучение очень большой интенсивности вызывает зуд и пощипывание кожи.

ОПИСАНИЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА НА БОЛЬШОЙ ВЫСОТЕ

Введение

2.53. Летом 1958 года во время испытаний ядерного оружия в Тихом океане (серия взрывов под названием «Хардтэк») и в южной части Атлантического океана (серия взрывов под названием «Аргус») были взорваны ядерные устройства на большой высоте. В испытательной серии «Хардтэк» вблизи острова Джонстон, в 1100 км к юго-западу от Гавайских островов, было осуществлено два взрыва на большой высоте мощностью порядка нескольких мегатонн. Первое ядерное устройство, называвшееся «Тэк», было подорвано 1 августа 1958 года (по Гринвичскому гражданскому времени) на высоте 77 км. Второе ядерное устройство, называвшееся «Ориндж», было подорвано 12 августа (по Гринвичскому гражданскому времени) на высоте 42,3 км.

2.54. Взрывы серии «Аргус» не планировались для испытания ядерного оружия или определения его разрушающего действия. Они были задуманы как эксперимент, предназначенный для получения данных о захвате электрически заряженных частиц магнитным полем Земли. Серия испытаний состояла из трех ядерных взрывов, осуществленных на большой высоте и имевших мощность от 1 до 3 килотонн каждый. Все три взрыва производились на высоте 480 км.

Внешняя картина взрыва на большой высоте

2.55. Взрывы «Тэк» и «Ориндж», осуществленные на большой высоте, внешне выглядели очень эффектно как на близком, так и на большом расстоянии от центра взрыва. Внешняя картина взрывов наблюдалась с острова Джонстон и прилегающих к нему районов, более близких к центру взрыва, а также с отдаленных пунктов, например с Гавайских островов и островов Самоа. Взрывы вызвали обширные возмущения той части верхних слоев атмо-

сферы, которая известна под названием ионосферы; это оказало влияние на прохождение радиоволн и других подобных электромагнитных излучений, имеющих относительно большую длину волны. Более подробно этот вопрос разбирается в главе 10.

2.56. Взрыв «Тэк» сопровождался отчетливой и яркой вспышкой света, которая была видна в небе над горизонтом с Гавайских островов. Ввиду слабого взаимодействия светового излучения, ядерного излучения и кинетической энергии продуктов деления с окружающей атмосферой, имеющей малую плотность, образовавшийся огненный шар очень быстро увеличивался в своих размерах (п. 2.120 и др.). За 0,3 секунды его диаметр составлял уже 17,6 км,

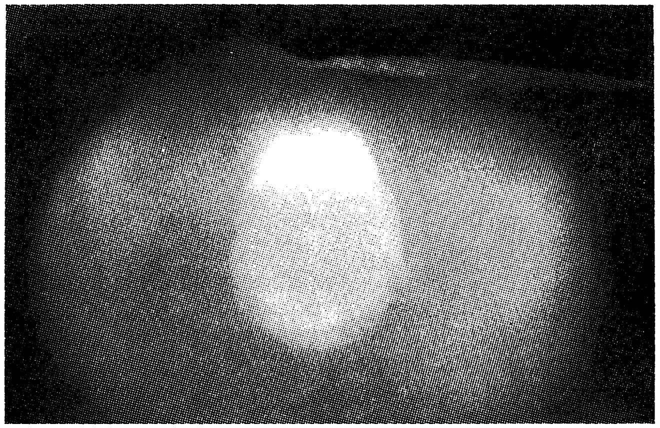


Рис. 2.56. Огненный шар и красная светящаяся сферическая волна после взрыва «Тэк», произведенного на большой высоте (сфотографировано с Гавайских островов, 1250 км от места взрыва)

а за 3,5 секунды он возрос до 29 км. При этом огненный шар поднимался с большой скоростью вверх; начальная скорость его подъема составляла около 1,6 км/сек. Огненный шар был окружен сферической волной, светившейся красным светом и имевшей очень большие размеры; эта волна была, по-видимому, образована в результате прохождения фронта ударной волны через слой воздуха с малой плотностью (рис. 2.56).

2.57. Спустя около 1 минуты после взрыва огненный шар, образовавшийся при взрыве «Тэк», поднялся на высоту около 144 км и поэтому мог непосредственно наблюдаться с Гавайских островов, удаленных от центра взрыва на расстояние около 1100 км. Скорость подъема огненного шара составляла примерно 1000 м/сек, а в горизонтальном направлении огненный шар увеличивался со скоростью около 300 м/сек. Большая красная светящаяся сфера

могла наблюдаться в течение нескольких минут; спустя примерно 6 минут после взрыва ее диаметр составлял около 960 км.

2.58. Интересным явлением, наблюдавшимся при взрыве «Тэк», было образование «искусственной зари». В течение 1 или 2 секунд с момента взрыва из нижней части огненного шара появилась сияющая заря; пульсирующие снопы этого сияния распространялись в северном направлении. Спустя около 1 минуты после взрыва заря могла наблюдаться в Апии, на островах Самоа, т. е. на расстоянии более 3,2 тыс. км от точки взрыва. При этом сам огненный шар ни в какое время не наблюдался непосредственно на этом расстоянии. Образование зари связывается с движением бета-частиц (электронов), испускаемых образовавшимися при реакции деления радиоактивными осколками, вдоль силовых линий магнитного поля Земли.

2.59. При взрыве «Ориндж» образовался огненный шар, имевший почти правильную сферическую форму. Этот шар увеличивался в своих размерах гораздо медленнее, чем огненный шар, образовавшийся при взрыве «Тэк», который был произведен на значительно большей высоте и, следовательно, при более низкой плотности атмосферы. Вообще при взрыве «Ориндж» по сравнению со взрывом «Тэк» поведение огненного шара полностью соответствовало несколько более сильному взаимодействию различных видов излучения и кинетической энергии с окружающим воздухом значительно большей плотности. Как можно было наблюдать с Гавайских островов, при взрыве «Ориндж» над горизонтом возникла яркая вспышка, светившаяся в течение какой-нибудь доли секунды. Примерно через 1 минуту после взрыва низко на горизонте появилось серовато-белое радиоактивное облако, которое исчезло через 4 минуты.

2.60. Ввиду наличия естественных атмосферных облаков над островом Джонстон в момент взрыва «Ориндж» непосредственное наблюдение огненного шара с земли оказалось невозможным. Однако такое наблюдение было осуществлено с самолетов, пролетавших в этот момент над низкими облаками. Искусственные зори были менее отчетливы, чем при взрыве «Тэк», однако одна заря, продолжавшаяся 17 минут, наблюдалась опять-таки со стороны Апии. Во время двух взрывов, осуществленных на большой высоте над островом Джонстон, были получены данные о действии ударной волны. Максимальные давления оказались меньшими, чем можно было бы ожидать на тех же расстояниях при обычном воздушном взрыве. При взрыве «Тэк» на поверхности земли были сделаны измерения величины импульса и других параметров светового излучения; результаты этих измерений вполне соответствовали ожидаемым (п. 7.109). Характерной особенностью взрывов на больших высотах является чрезвычайно сильная яркость огненного шара, который виден на больших расстояниях и способен оказать поражающее действие на органы зрения людей на громадной территории (п. 11.72).

ОПИСАНИЕ ПОДВОДНЫХ ВЗРЫВОВ

Внешняя картина взрыва на малой глубине

2.61. Подводный ядерный взрыв сопровождается определенными характерными для этого вида взрыва явлениями, которые видоизменяются в зависимости от мощности и глубины взрыва, а также от глубины и площади самого водоема. Описание подводного взрыва, которое здесь приводится, основано главным образом на наблюдениях; сделанных во время испытания «Бейкер», проведенного у атолла Бикини в 1946 году. Во время этого испытания бомба мощностью 20 килотонн была взорвана значительно ниже поверхности воды в лагуне, общая глубина которой составляла около 60 м. Эти условия можно рассматривать в качестве типичных условий для подводного взрыва на малой глубине.

2.62. При подводном ядерном взрыве образуется огненный шар, но его размеры меньше, чем при воздушном взрыве. Во время испытания «Бейкер» вода в районе взрыва была освещена светом, исходившим от огненного шара. Имевшиеся на поверхности лагуны естественные волны затруднили нормальное наблюдение за огненным шаром, и общее впечатление получилось такое же, как при наблюдении за светом сквозь матовое стекло. Освещенность воды сохранялась в течение нескольких тысячных долей секунды и исчезла, как только огненный шар, имевший вид пузыря, наполненного раскаленными и сильно сжатыми газами (или парами), достиг поверхности воды. После того как газы прорвались и охладились, огненный шар перестал быть видимым.

2.63. Газовый пузырь по мере подъема к поверхности воды быстро расширяется и образует ударную волну в воде. След этой волны при ее продвижении во все стороны от точки взрыва заметен на относительно спокойной поверхности воды в виде быстро продвигающегося кольца более светлого цвета по сравнению с окружающей водой. Это явление, иногда называемое «слик», можно наблюдать на фоне спокойной поверхности воды, когда под действием ударной волны мелкие капли воды выбрасываются с поверхности в воздух, который затем увлекается этими падающими каплями и придает поверхности воды более светлый оттенок.

2.64. Сразу же за появлением слика, но до образования конденсационного облака над центром взрыва выбрасывается столб водяных струй и брызг, называемый водяным куполом (рис. 2.64). Он возникает вследствие отражения ударной волны от поверхности воды. Начальная скорость подъема воды пропорциональна давлению в падающей ударной волне, поэтому скорость подъема является наибольшей непосредственно над центром взрыва. Следовательно, вода над центром взрыва поднимается гораздо быстрее (и в течение большего промежутка времени), чем вода, находящаяся дальше от центра взрыва. Поэтому по мере того как вода поднимается вверх, боковая поверхность водяного купола становится все круче и круче. Подъем воды прекращается под действием силы тяжести и сопротивления воздуха. Общее время и максимальная высота подъема воды зависят от мощности и глубины взрыва.

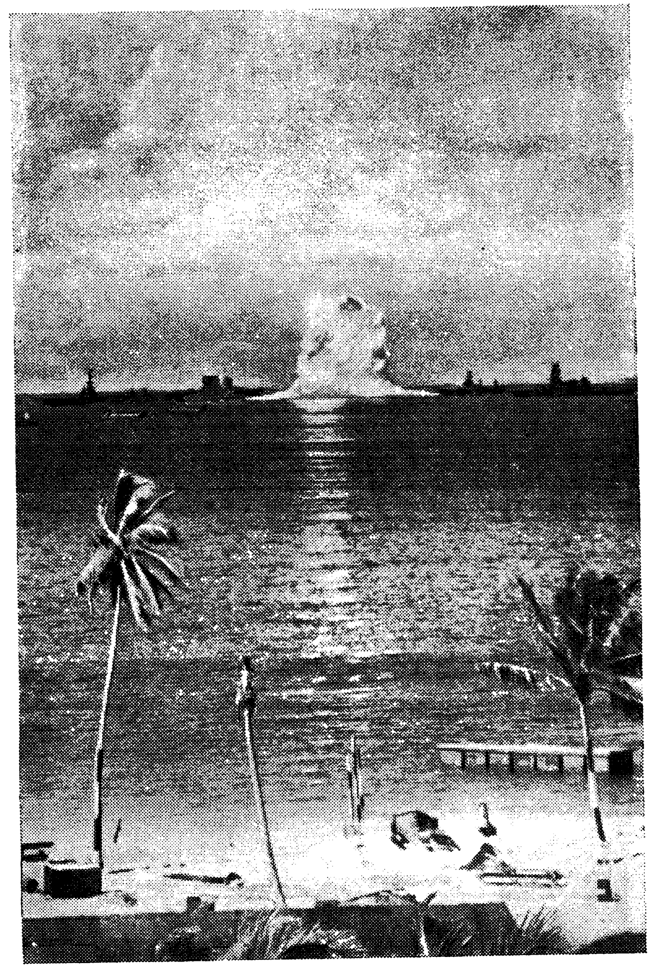


Рис. 2.64. Купол из брызг воды, образовавшийся над местом подводного взрыва

2.65. Если глубина взрыва не слишком большая, то газовый пузырь до подъема на поверхность воды почти не изменяется. В момент его появления на поверхности воды пар, газообразные продукты взрыва и осколки деления вырываются в атмосферу. Часть энергии ударной волны прорывается через поверхность воды

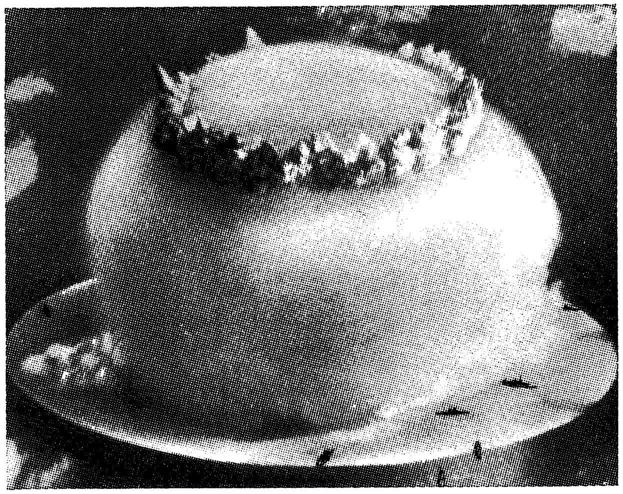


Рис. 2.65а. Конденсационное облако, образовавшееся после подводного ядерного взрыва на небольшой глубине (на поверхности воды можно видеть след, оставляемый движущейся ударной волной)

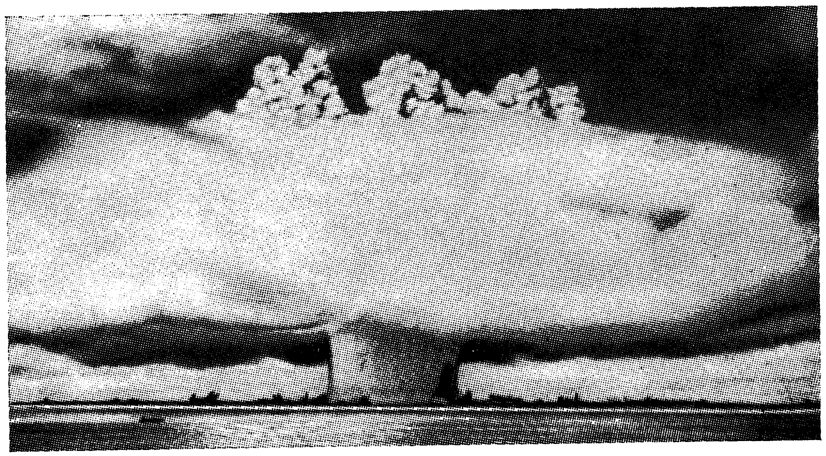


Рис. 2.65б. Образование полого столба воды (султана) при подводном взрыве; верхняя часть столба окружена конденсационным облаком, находящимся в последней стадии развития

в воздух, и ввиду большой влажности воздуха создаются благоприятные условия для образования конденсационного облака (рис. 2.65а). Как только давление в газовом пузыре падает, вода устремляется в образовавшуюся полость. Возникающие в результате этого сложные явления приводят к образованию полого водяного цилиндра или потока струй воды, называемого столбом или султаном. Содержащиеся в газовом пузыре радиоактивные продукты выходят через этот полый столб и образуют сверху облако, напоминающее по внешнему виду кочан цветной капусты (рис. 2.65б).

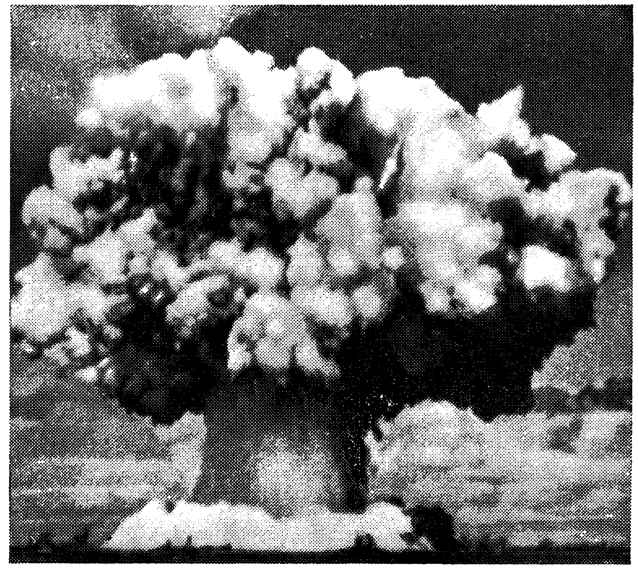


Рис. 2.66. Радиоактивное облако и базисная волна (в начальной стадии), образовавшиеся при подводном взрыве. Вода в столбе начинает падать вниз

2.66. При подводном взрыве, осуществленном на небольшой глубине у атолла Бикини (испытание «Бейкер»), водяной купол начал образовываться примерно через 4 миллисекунды после взрыва. Начальная скорость его подъема составляла около 750 м/сек, но затем быстро снизилась под действием сопротивления воздуха и силы тяжести. Через несколько миллисекунд раскаленный газовый пузырь достиг поверхности воды лагуны и начал образовываться султан, быстро настигавший водяной купол. Максимальная высота подъема полого султана, через который газы прорывались наружу, не могла быть точно определена, так как его верхняя часть была окутана радиоактивным облаком (рис. 2.66). По-видимому, высота султана составляла около 1800 м, а его наибольший

диаметр — около 600 м. Толщина стенок султана, вероятно, составляла около 90 м, и при этом было поднято вверх около 1 млн. т воды.

2.67. Облако, напоминавшее по своему внешнему виду кочан цветной капусты и скрывавшее верхнюю часть султана, содержало некоторую часть продуктов деления и веществ, из которых состояла бомба, а также большое количество воды в виде мельчайших капелек. Кроме того, установлено, что в облаке находились также частицы грунта, поднятые со дна лагуны; на палубах кораблей, находившихся на некотором расстоянии от места взрыва, был обнаружен известковый осадок, который, по-видимому, выпал из радиоактивного облака. Это облако имело диаметр около 1800 м и, перед тем как рассеяться, поднялось на высоту около 3 км. Это значительно меньше, чем высота, достигнутая радиоактивным облаком при воздушном взрыве.

2.68. В результате возмущений, вызванных подводным взрывом, на поверхности воды образуется целая серия волн, распространяющихся во все стороны от центра взрыва. Через 11 секунд после взрыва у Бикини первая волна имела максимальную высоту 28,2 м и находилась на расстоянии около 300 м от эпицентра взрыва. Эта волна двигалась с большой скоростью, а за нею следовали другие волны. На расстоянии 6,6 км от эпицентра взрыва наиболее высокой была девятая по счету волна, имевшая высоту 1,8 м.

2.69. Было также замечено, что при некоторых подводных и надводных взрывах происходит неожиданно сильное затопление прилегающих к району взрыва участков берега, причем глубина этого затопления иногда в два раза превышает высоту приближающейся водяной волны. Масштабы наводнения зависят от сложного комплекса различных факторов, в том числе от мощности и глубины взрыва, глубины водоема, структуры и контуров дна водоема, а также от угла подхода приближающейся волны.

Базисная волна

2.70. Во время испытаний «Бейкер» наблюдалось, что при падении водяного столба (султана) в лагуну образовалась гигантская волна (или облако) в виде тумана, которая полностью окружила и скрыла собой основание водяного столба (рис. 2.66). Это облако, напоминающее по своему внешнему виду лепешку и распространяющееся во все стороны с большой скоростью, называется базисной волной. Базисная волна, по существу, представляет собой плотное облако, состоящее из капелек воды и напоминающее водяную пыль у основания Ниагарского водопада (или других высоких водопадов); однако базисная волна имеет свойство текучести, как если бы она состояла из однородной жидкости.

2.71. У Бикини базисная волна начала образовываться через 10—12 секунд после взрыва. Эта волна, поднимаясь вверх, быстро

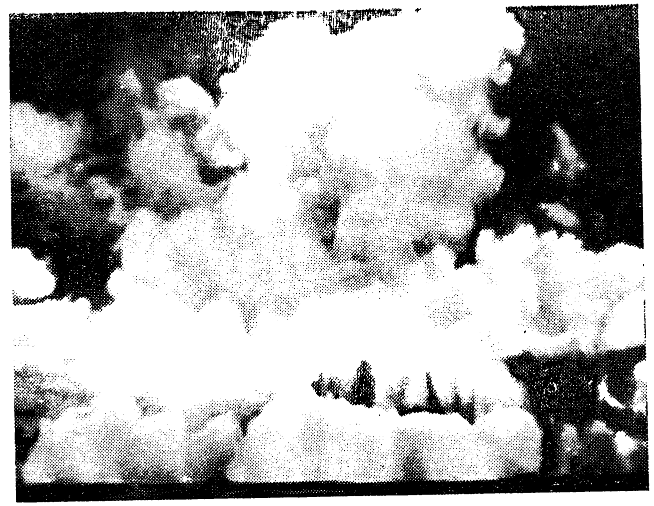


Рис. 2.71. Развитие базисной волны после подводного взрыва на небольшой глубине

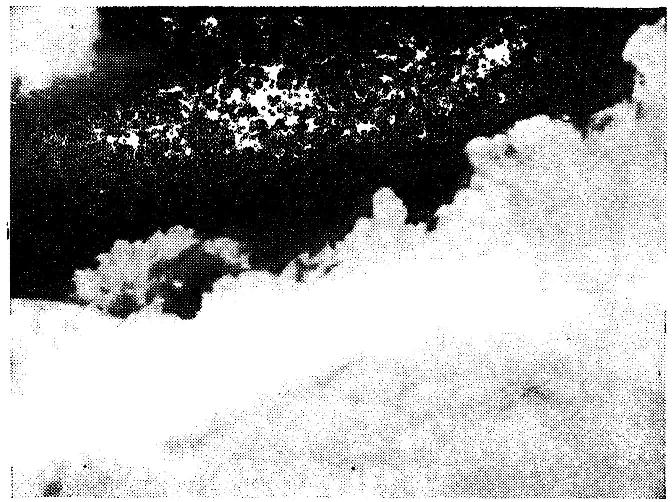


Рис. 2.72. Последняя стадия развития базисной волны

достигла высоты 270 м и двигалась во все стороны с начальной скоростью более 30 м/сек. Вначале наружные размеры базисной волны увеличивались быстро, а затем эти темпы снизились: через 4 минуты после взрыва наружный диаметр базисной волны составлял 5,6 км, а ее высота достигла 540 м. На этой стадии базисная волна начала постепенно отделяться от поверхности воды и смешиваться с радиоактивным облаком и с обычными атмосферными облаками (рис. 2.71).

2.72. Примерно через 5 минут после взрыва базисная волна приняла вид слоисто-кучевых облаков, которые в конце концов достигли толщины в несколько тысяч метров (рис. 2.72). Из этих облаков, двигавшихся по ветру, началось выпадение дождя (от умеренного до сильного), продолжавшегося около часа. В начальной стадии этот дождь был более сильным за счет выпадения мелких капелек воды из радиоактивного облака.

2.73. Условия, необходимые для образования базисной волны, точно не установлены, хотя вполне очевидно, что при подводных взрывах на большой глубине никакой базисной волны не должно образовываться. Все осуществленные во время испытаний подводные взрывы, на которых основан приводимый в книге анализ, вызвали образование базисных волн. Единственным различием, наблюдавшимся в данном явлении во время различных испытаний, являлось то, что при взрыве «Бейкер» у атолла Бикини в воздухе образовывалось облако, по-видимому состоявшее из газообразных осколков деления и пара. Во время других взрывов, которые были осуществлены на несколько большей глубине, такое облако не образовывалось. Весь султан падал обратно на поверхность воды, где образовывалась базисная волна небольшой высоты.

Радиоактивность базисной волны

2.74. С точки зрения поражающего действия ядерного оружия важное значение базисной волны состоит в том, что она обладает высокой радиоактивностью благодаря присутствию в ней остаточных продуктов деления (и других продуктов взрыва), внесенных в нее либо в момент образования базисной волны, либо при выпадении из радиоактивного облака. Ввиду своей радиоактивности базисная волна представляет серьезную опасность на расстоянии нескольких километров от места взрыва, особенно в направлении движения ветра (гл. 9). Осколки деления находятся в волне в виде мельчайших частиц, занимающих тот же объем, что и базисная волна в начальной стадии своего развития, т. е. в течение первых 3—4 минут после взрыва. Однако после того как мелкие капельки воды, образующие видимую базисную волну, испаряются и исчезают, радиоактивные частицы и газы остаются в воздухе и продолжают распространяться во все стороны как уже «невидимая» радиоактивная базисная волна. При этом на поверхность воды (или корабля и береговой станции) возможно некоторое выпадение из радиоактивной базисной волны радиоактивных частиц или дождя; однако предполагается, что в большинстве случаев радиоактивная базисная волна пройдет без выпадения на нее какихлибо радиоактивных веществ. Таким образом, в зависимости от определенных условий радиоактивное заражение поверхности объектов, расположенных в непосредственной близости от района подводного ядерного взрыва, осуществленного на небольшой глубине, может либо быть, либо не быть.

2.75. Радиоактивная «невидимая» базисная волна движется по ветру либо как невидимое облако, напоминающее по своей форме лепешку, либо, вероятно, как невидимый диск. Продолжительность времени, в течение которого эта базисная волна будет оставаться радиоактивной, зависит от мощности и глубины взрыва, а также от удаленности морского дна от центра взрыва. Кроме того, на уменьшение ее радиоактивности будут влиять условия погоды, приводящие к выпадению дождя и процессам диффузии, возникающим благодаря наличию в атмосфере различных ветров. Предполагается, что радиоактивная базисная волна будет представлять серьезную опасность в течение 5—10 минут после подводного взрыва и значительно меньшую опасность в течение получаса или несколько больше.

2.76. Величина той части остаточного ядерного излучения, которая остается в воде или увлекается падающим вниз султаном воды и, следовательно, возвращается на поверхность водоема, зависит от места осуществления взрыва, глубины водоема и, по-видимому, от характера грунта, образующего дно этого водоема. Однако если даже 90% продуктов деления и других радиоактивных веществ осталось бы в воде, то и при этих условиях базисная волна, как видимая, так и невидимая, на начальной стадии своего развития все еще оставалась бы чрезвычайно радиоактивной.

Световое и ядерное излучения при подводном взрыве

2.77. Пока огненный шар находится под водой, почти все испускаемое им световое излучение поглощается окружающей средой. Когда же сильно нагретые пар и газы достигают поверхности и расширяются, происходит настолько быстрое их охлаждение, что их температура почти мгновенно понижается до такого уровня, при котором не происходит значительного испускания светового излучения. Из этого следует, что при подводном ядерном взрыве световое излучение как поражающий фактор для людей и как источник возникновения пожаров может не приниматься во внимание.

2.78. Вероятно также, что бо́льшая часть нейтронов и гамма-лучей, освобождающихся в течение короткого промежутка времени протекания процесса взрыва, тоже будет поглощена водой. Но, когда огненный шар достигает поверхности воды и прорывается наружу, гамма-лучи (и бета-частицы), испускаемые продуктами деления, становятся источником начального ядерного излучения.

Кроме того, начальное ядерное излучение усиливается также от излучений, испускаемых продуктами деления (а также веществами, обладающими наведенной радиоактивностью), которые присутствуют в водяном столбе, радиоактивном облаке и базисной волне, образовавшихся в течение нескольких секунд после взрыва.

2.79. Однако, как указывалось выше, выпадающие из облака частицы воды (в виде дождя) и базисная волна являются также источником остаточного ядерного излучения. Поэтому при подводном взрыве гораздо труднее провести четкое разграничение между начальным и остаточным ядерным излучением, чем при воздушном взрыве. Начальное ядерное излучение постепенно переходит в остаточное, которое оказывает свое воздействие еще в течение продолжительного периода времени после ядерного взрыва.

Стадии развития подводного взрыва на небольшой глубине

2.80. На рис. 2.80 а, б, в, г, д, приведенных в настоящей главе, схематически представлены стадии развития явлений, сопровождающих неглубокий подводный ядерный взрыв мощностью 100 килотонн. Эти данные дополняют сведения о подводном взрыве мощностью 20 килотонн, приведенные выше. На рисунках показаны, по существу, все явления, сопровождающие подводный взрыв, которые можно наблюдать визуально, за исключением фронта ударной волны и ядерного излучения.

Внешняя картина подводного взрыва на большой глубине

2.81. Ввиду того что действие подводного взрыва на большой глубине представляет интерес прежде всего с военной точки зрения, явления, связанные с этим взрывом, будут описаны здесь лишь в общих чертах и с меньшей подробностью, чем это было сделано при описании подводного взрыва на небольшой глубине. В данной книге рассматриваются наиболее важные результаты наблюдений, полученные при взрыве «Уаху» во время ядерных испытаний «Хардтэк», проведенных в 1958 году, когда ядерное устройство было подорвано на глубине 150 м в глубоком водоеме.

2.82. Водяной купол, образовавшийся при взрыве, поднялся над поверхностью воды на высоту 270 м (рис. 2.82а). Вскоре после того как была достигнута максимальная высота подъема водяного купола, из него вырвался пузырь раскаленных газов и паров, выбрасывая при этом во все стороны многочисленные струи воды; наиболее высокие струи поднимались на высоту 510 м (рис. 2.82б). В воздухе не наблюдалось образования такого радиоактивного облака, какое имело место при подводном взрыве «Бейкер» на небольшой глубине. При падении масс воды образовалась базисная волна, распространившаяся по ветру на расстояние более 4 км от места взрыва и имевшая максимальную высоту около 300 м (рис. 2.82в). Эта базисная волна распространилась во все стороны с

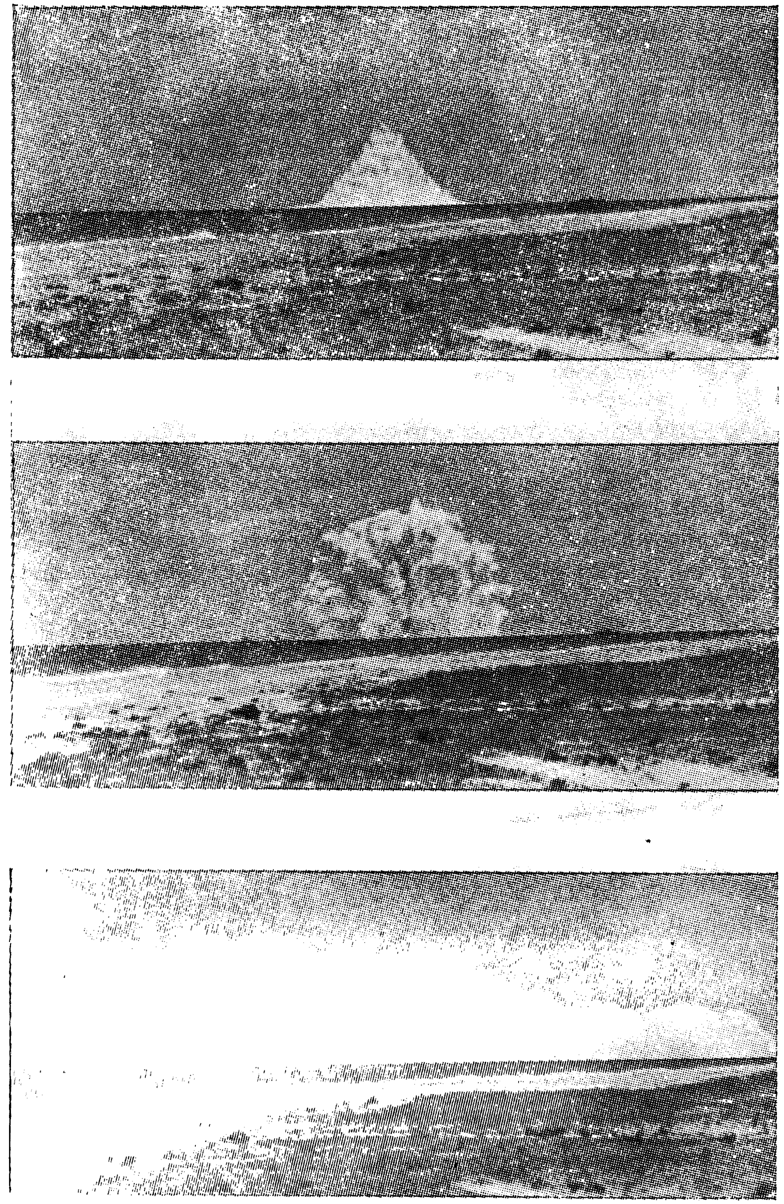


Рис. 2.82. а) Верхний фотоснимок — купол из брызг воды через 5,3 сек после подводного взрыва на большой глубине; б) средний фотоснимок — султан, наблюдавшийся через 11,7 сек после взрыва; в) нижний фотоснимок — образование базисной волны через 45 сек после взрыва

начальной скоростью примерно 120 км/час, но спустя 10 секунд ее скорость снизилась до менее чем 32 км/час.

2.83. Ввиду большой глубины взрыва «Уаху» световое излучение на поверхности воды было незначительным. Начальное ядерное излучение было таким же, как и при подводном взрыве на небольшой глубине, однако в воздухе не наблюдалось образования длительно сохраняющегося радиоактивного облака, которое могло бы стать причиной выпадения радиоактивных продуктов взрыва. Источником наблюдавшейся радиоактивности являлась базисная волна. Выпадение радиоактивных продуктов было незначительным, и на поверхности воды была обнаружена лишь небольшая радиоактивность.

2.84. Раскаленный пузырь газов, образованный при подводном взрыве, в процессе своего подъема к поверхности воды претерпевает серию пульсаций, то есть чередующихся друг с другом расширений и сжатий. Во время фазы сжатия некоторая часть пара, содержащегося в пузыре, конденсируется, в результате чего образуются капли воды, которые увлекают с собой некоторое количество радиоактивных продуктов. Во время фазы расширения часть воды снова испаряется, возвращая при этом некоторое количество радиоактивных продуктов снова в пузырь. Отсюда следует, что на степень радиоактивности базисной волны может влиять фазовое состояние пузыря в момент, когда он прорывается через поверхность воды. Поэтому следует предположить, что уровень активности базисной волны может сильно изменяться; несмотря на то что величины импульсов начального ядерного излучения могут быть очень высокими, продолжительность их действия может оказаться короткой.

ОПИСАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВЗРЫВОВ

Внешняя картина подземного взрыва на небольшой глубине

2.85. Когда ядерный взрыв происходит под землей, образующийся огненный шар состоит из сильно раскаленных газов, находящихся под высоким давлением. Эти газы включают в себя также вещества испарившегося грунта и невзорванных остатков ядерного боеприпаса. Если взрыв происходит на небольшой глубине, огненный шар можно увидеть в момент прорыва его через поверхность земли до того, как он будет скрыт облаком грязи и пыли. Прорываясь наружу, газы поднимают с собой в воздух большое количество грунта. Создается впечатление, что поднимается цилиндрический столб, аналогичный столбу воды, возникающему при подводном взрыве. Во время подземных ядерных испытаний, проведенных на небольшой глубине в штате Невада в 1951 году, столб имел форму опрокинутого конуса, расширявшегося с высотой (рис. 2.85). В результате выброса взрывом огромного количества грунта

на поверхности земли образовалась воронка значительного размера.

2.86. На основании результатов испытаний, проведенных в штате Невада, можно считать, что если бы сброшенный с самолета ядерный боеприпас мощностью в 1 мегатонну проник в песчаный грунт на глубину 15 м и после этого взорвался, то образовавшаяся при этом воронка имела бы глубину около 90 м и диаметр около 420 м. Это значит, что было бы выброшено около

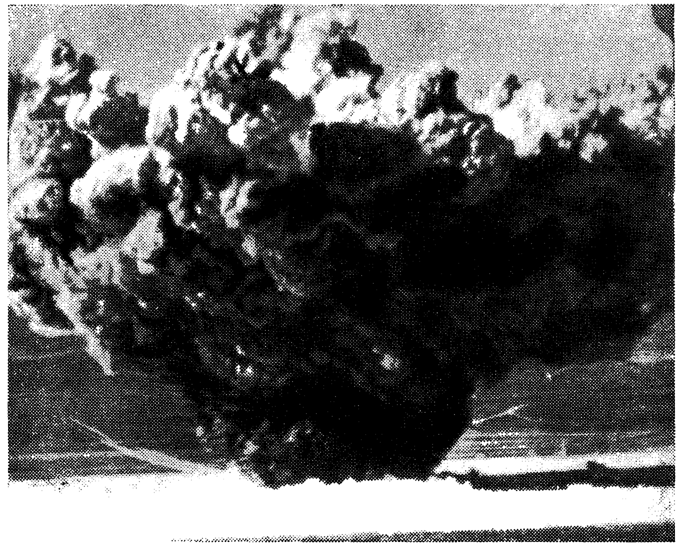


Рис. 2.85. Подземный взрыв, произведенный на небольшой глубине

10 млн. т грунта и скалы. Объем воронки и масса выброшенного взрывом материала будут увеличиваться примерно пропорционально мощности ядерного взрыва. Оседая на землю, мелкие частицы грунта могут, как это будет указано ниже, образовать базисную волну.

2.87. Быстрое расширение пузыря сильно сжатых и раскаленных газов, образовавшихся при подземном взрыве, вызывает возникновение в грунте волны сжатия. Эта волна дает на сейсмографах, расположенных на некотором расстоянии от эпицентра взрыва, такие же показания, как и при землетрясении умеренной интенсивности. Однако, независимо от того что при ядерном взрыве и при землетрясении источник возмущения в каждом случае находится на разной глубине, они отличаются друг от друга во многих других отношениях. Теоретически ядерный взрыв должен вызвать движение грунта во всех направлениях от центра взрыва, в то

время как при большинстве землетрясений возможно перемещение масс грунта как от центра, так и к центру землетрясения. Однако в действительности возникающее перемещение грунта не всегда находится в соответствии с этими теоретическими предположениями.

2.88. Как и в случае подводного взрыва, часть энергии, освобождающейся при подземном взрыве, расходуется на образование воздушной ударной волны. Доля энергии, расходуемой на образование воздушной ударной волны, зависит главным образом от глубины взрыва. Чем большей будет глубина, на которую проникнет в грунт ядерный боеприпас до взрыва, тем меньшая доля энергии передается в воздух. Если взрыв не сопровождается выбросом грунта, то, естественно, никакой воздушной ударной волны не образуется.

Базисная волна и выпадение радиоактивных веществ

2.89. При падении на землю грунта, выброшенного при подземном взрыве в виде столба пыли, во многих случаях образуется расширяющееся облако, состоящее из мелких частиц грунта, аналогичное базисной волне, наблюдавшейся при испытании «Бейкер»

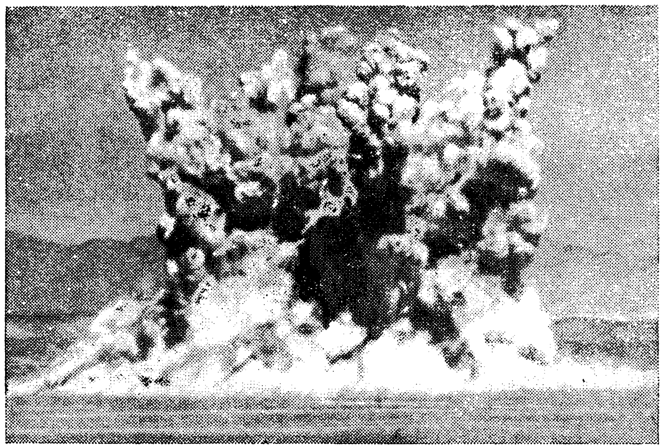


Рис. 2.89. Образование базисной волны при подземном взрыве

у атолла Бикини. Начальную стадию развития этой базисной волны можно видеть на рис. 2.89, который во многих отношениях имеет сходство с рис. 2.71. Базисная волна, состоящая из частиц пыли, распространяется от центра взрыва и в последующем относится ветром. В конечном итоге частицы оседают, создавая радиоактивное заражение местности на большой территории, масштабы которого будут зависеть от глубины взрыва, характера грунта, атмосферных условий, а также от мощности взрыва. Считается, что местность с сухим песчаным грунтом особенно благоприятна для образования базисной волны при подземном взрыве.

2.90. Радиоактивное облако, образующееся при подземном взрыве, будет неизбежно содержать очень большое количество грунта. Следовательно, произойдет обильное выпадение радиоактивных осадков. Более крупные частицы, выброшенные вверх взрывом, упадут на землю первыми, и поэтому ими будет заражена местность вблизи центра взрыва. Более же мелкие частицы в течение некоторого времени будут оставаться в воздухе и могут быть отнесены ветром на значительное расстояние, прежде чем они осядут на землю.

Световое и ядерное излучения при подземном взрыве

2.91. Явления, связанные со световым и ядерным излучениями, при подземном взрыве протекают совершенно так же, как и при описанном выше подводном взрыве. Как правило, световое излучение будет почти полностью поглощено массой грунта, а поэтому оно не будет представлять существенной опасности. Большая часть нейтронов и начального гамма-излучения также будет поглощена, хотя захват нейтронов различными веществами, имеющимися в грунте, может вызвать в них значительную наведенную радиоактивность. Однако эта радиоактивность будет составлять лишь небольшую часть остаточного ядерного излучения и поэтому будет иметь значение только в непосредственной близости от эпицентра взрыва. Остальная часть остаточного ядерного излучения будет обусловливаться базисной волной и выпадением радиоактивных продуктов из облака взрыва.

2.92. По тем же причинам, которые были указаны в п. 2.79, начальное ядерное излучение при подземном взрыве постепенно переходит в остаточное. Следовательно, различие между начальным и остаточным ядерным излучением при подводном и подземном взрывах несущественно.

Стадии развития подземного взрыва на небольшой глубине

2.93. На рис. 2.93 а, б, в, г показаны стадии последовательного развития некоторых явлений, связанных с подземным ядерным взрывом мощностью 100 килотонн на небольшой глубине. Для удобства эти рисунки приводятся в конце данной главы.

Явления, сопровождающие подземный взрыв на большой глубине

2.94. Подземным взрывом на большой глубине называется такой взрыв, при котором лишь незначительное количество продуктов взрыва прорывается через поверхность земли (или вовсе не

прорывается). Приводимые ниже данные основаны на результатах наблюдений, проведенных в 1957 году при взрыве «Рейньер» во время испытаний «Пламбоб»; во время этих испытаний в пластах земли, называемых в геологии туфом и расположенных на глубине 240 м, было взорвано ядерное устройство мощностью 1,7 килотонны. Вся радиоактивность и тепловая энергия, выделившиеся при взрыве, были поглощены грунтом. Явления, сопровождавшие этот взрыв, лучше всего могут быть изображены в виде четырех фаз, отчетливо развивавшихся в различные промежутки времени.

2.95. В первой фазе освобождение энергии при ядерном взрыве, который был произведен в камере, имеющей размеры 1,8×1,8×2,1 м, произошло менее чем за одну миллионную долю секунды, то есть менее чем за 1 микросекунду. В результате взрыва давление в камере за несколько микросекунд возросло до нескольких миллионов атмосфер, а температура повысилась примерно до миллиона градусов. Во второй (гидродинамической) фазе, продолжавшейся в течение нескольких сотых долей секунды, камера под действием чрезвычайно высокого давления расширилась и образовалась сферическая полость радиусом около 19 м. В этой фазе указанная полость была окружена слоем расплавленной породы толщиной около 10 см. Под действием волны сжатия произошло разрушение массива скальной породы в радиусе до 40 м и образование в ней трещин в радиусе около 55 м. Волна сжатия распространялась во все стороны от центра взрыва; амплитуда этой волны постепенно уменьшалась по мере увеличения расстояния. Сейсмические колебания при взрыве были обнаружены на расстоянии нескольких сотен километров от эпицентра взрыва, а слабый сигнал был зарегистрирован даже на Аляске.

2.96. В третьей фазе, продолжавшейся от нескольких секунд до нескольких минут, расплавленная порода вокруг полости стекала со стен и накапливалась на ее дне. Здесь она отвердевала, образуя стекловидную массу, содержавшую 65—80% суммарной радиоактивности продуктов деления. Остальная часть радиоактивности распределилась в толще разрушенной породы. Третья фаза окончилась в тот момент, когда свод полости обрушился, увеличив таким образом размеры верхней части полости примерно до 120 м. Затем в результате расширения газов и попадания в полость более холодных масс скальной породы и других материалов температура внутри полости понизилась. В четвертой (или длительной) фазе тепло постепенно распространялось во все стороны, а радиоактивность продуктов взрыва спадала в процессе радиоактивного распада.

2.97. Записи приборов, полученные на станциях, находившихся на расстоянии 175—560 км от испытательного полигона, показали, что сейсмический сигнал от взрыва «Рейньер» был эквивалентен по своей силе сигналу от землетрясения магнитудой в 4,06 (по конвенциональной шкале Гутенберга-Рихтера). Его можно отнести к категории «слабых» землетрясений. Такое колебание, возникающее в результате движения земной коры, должно ощущаться людьми на расстоянии 96 км от эпицентра взрыва. Однако из всех наблюдавших за взрывом «Рейньер» людей, располагавшихся в 4 км от эпицентра взрыва, лишь немногие почувствовали движение грунта.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ

Введение

2.98. Явления, которые возникают при ядерном взрыве вслед за чрезвычайно быстрым освобождением энергии в большом количестве, — это прежде всего результат взаимодействия кинетической энергии осколков деления и светового излучения с окружающей средой. Точная природа этого взаимодействия, а следовательно, непосредственно и косвенно наблюдаемое действие, которое оно вызывает, зависит от таких свойств окружающей среды, как ее температура, давление, плотность и состав. Именно различные комбинации упомянутых свойств окружающей среды дают ответы на вопросы, связанные с описанными в данной главе ядерными взрывами — воздушным, на большой высоте, наземным (надводным) и подземным (подводным).

2.99. Сразу же после взрыва температура продуктов взрыва составляет несколько десятков миллионов градусов, а давление — многие миллионы атмосфер. В результате многочисленных неупругих столкновений осколков деления с частицами среды часть их кинетической энергии превращается во внутреннюю энергию этих частиц и энергию излучений. Некоторая часть электронов полностью вылетает из атомов, а другая часть повышает свою энергию (т. е. электроны становятся возбужденными), оставаясь при этом в атоме. В течение чрезвычайно короткого промежутка времени, вероятно в какие-нибудь сотые доли микросекунды, продукты взрыва, по существу, состоят из ядер атомов, полностью или частично лишенных электронов, и из соответствующих свободных электронов. Многие из этих атомов находятся в возбужденном состоянии. Поэтому такая система мгновенно испускает электромагнитное излучение, природа которого определяется температурой. Поскольку эта температура составляет несколько десятков миллионов градусов, большая часть энергии испускается в виде мягких рентгеновских лучей (п. 1.72 и п. 7.80).

2.100. Первичное электромагнитное излучение, которое испускается во время взрыва, поглощается атомами и молекулами окружающей среды. Следовательно, эта среда нагревается, а образующийся при этом огненный шар снова излучает часть заключенной в нем энергии в виде светового излучения, лежащего главным

образом в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном участках спектра. Остальная энергия взрыва уносится ударной волной, образующейся в окружающей среде в той последовательности, какая приводится ниже. В конечном итоге, по существу, вся энергия светового излучения (и ударной волны) поглощается средой и проявляется в виде тепла, хотя оно и может быть рассеяно на большой площади. В плотной среде, какой являются грунт или вода, поглощение энергии происходит на небольшом расстоянии от центра взрыва; однако в воздухе световое излучение распространяется на значительное расстояние. Действительный характер распространения светового излучения, как об этом будет сказано ниже, зависит от плотности воздуха.

2.101. Кроме механизма передачи части кинетической энергии осколков деления в окружающую среду, описанного выше, существует также другой механизм этой передачи. Он вытекает из явления, называемого гидродинамическим сопряжением энергии взрыва с окружающей средой. Ввиду чрезвычайно высокого давления, создаваемого при взрыве ядерного боеприпаса, его остатки, состоящие из продуктов взрыва, стремятся расшириться во все стороны от центра взрыва с очень большой скоростью. Таким образом, беспорядочная кинетическая энергия отдельных атомов и других частиц превращается в направленную энергию движения всей массы продуктов взрыва. Спустя несколько микросекунд после взрыва почти все продукты взрыва оказываются в сравнительно тонкой оболочке, обладающей высокой плотностью и называемой гидродинамическим фронтом. Начальная температура этого фронта составляет около миллиона градусов, и он перемещается со скоростью несколько сотен километров в секунду. Когда гидродинамический фронт соприкасается с окружающей средой, он действует подобно быстро движущемуся поршню. Таким образом, энергия передается среде в виде импульса, создавая ударную волну с крутым фронтом (как показано на рис. 1.01). Поэтому энергия массы продуктов взрыва передается в окружающую среду как энергия волны детонации и ударной волны.

2.102. Из последующих разделов будет видно, что кинетическая энергия продуктов деления, составляющая около 85% всей энергии взрыва (п. 1.22), распределяется между световым излучением, с одной стороны, и ударной волной — с другой, в соотношениях, зависящих главным образом от характера окружающей среды. Чем выше плотность среды, тем больше степень сопряжения между нею и гидродинамическим фронтом продуктов взрыва. Следовательно, если взрыв происходит в среде с высокой плотностью, например в воде или грунте, то значительно большая часть кинетической энергии продуктов деления превращается в энергию волны сжатия или ударной волны по сравнению со взрывом в среде с меньшей плотностью, например в воздухе. С другой стороны, при взрыве на очень больших высотах, где давление воздуха чрезвычайно мало, лишь небольшая доля кинетической энер-

гии продуктов деления проявляется в виде ударной волны. В любом случае форма и количество энергии будут зависеть также от характера окружающей среды.

Развитие огненного шара при воздушном взрыве

2.103. Передача энергии посредством излучения внутри сильно нагретого газа, например из раскаленной внутренней части огненного шара в его внешнюю, более холодную часть, происходит следующим образом. Сначала атом, молекула или ион поглощают один фотон излучения (п. 1.70) и переходят в состояние с высоким уровнем энергии (возбужденное состояние). В возбужденном состоянии атом или другая частица находится в течение лишь короткого промежутка времени, а затем в результате испускания фотона возвращается к своему первоначальному (основному) состоянию с более низким уровнем энергии. В это время освободившийся фотон движется со скоростью света и может быть снова захвачен другим атомом, молекулой или другой частицей, а затем он снова излучается этими частицами и т. д. Таким образом, энергия с помощью фотонов передается от одной точки газа к другой.

2.104. Если средняя величина свободного пробега излучаемых частиц, т. е. среднее расстояние, которое пробегает фотон между каждым актом взаимодействия, больше, чем размеры объема, в котором находится газ, то передача энергии из более нагретой внутренней части этого объема к более холодной внешней части будет происходить гораздо быстрее, чем в случае если средняя величина свободного пробега фотона оказывается меньше размеров объема газа. Это происходит потому, что при своем движении по направлению к наружным слоям газа фотоны с малой величиной среднего свободного пробега будут несколько раз поглощаться частицами среды и снова испускаться ими. При каждом новом испускании фотона он будет беспорядочно двигаться в случайном направлении, и поэтому эффективная скорость передачи энергии таким фотоном в направлении к наружным слоям газа будет меньшей, чем скорость передачи энергии фотоном, который имеет большую величину среднего свободного пробега и меньшее число раз захватывается и снова испускается частицами (или вовсе не захватывается ими).

2.105. На самой ранней стадии расширения продуктов взрыва они имеют чрезвычайно высокую температуру, и величина среднего свободного пробега фотонов хорошо сравнима с размерами объема, занимаемого этими продуктами взрыва. Следовательно, передача энергии посредством излучения фотонов происходит быстро по всей массе раскаленного газа, причем температура во всех точках этой массы остается одной и той же. Поэтому раскаленная сфера называется изотермической сферой, которая представляет собой огненный шар в ранней стадии своего развития. Если окру-

жающий воздух является холодным и имеет значительную плотность, то гамма-лучи и ультрафиолетовое излучение, составляющие большую часть светового излучения, которое испускается изотермической сферой, поглощаются этим воздухом или уменьшают свою энергию в пределах весьма короткого расстояния. Поэтому окружающий воздух чрезвычайно сильно нагревается, в результате чего размеры огненного шара быстро увеличиваются.

2.106. Вначале фронт ударной волны (п. 2.101) отстает от фронта излучения, т. е. от поверхности огненного шара, так как величина среднего свободного пробега фотонов в раскаленном газе настолько велика, что передача энергии посредством излучения происходит быстрее, чем передача энергии в результате движения массы газа. Но по мере того как происходит расширение огненного шара, энергия излучения поглощается во все более увеличивающемся объеме (массе) воздуха и температура в пределах изотермической сферы все время падает. В результате этого величина среднего свободного пробега фотонов уменьшается и передача энергии посредством излучения замедляется. Поэтому фронт ударной волны начинает двигаться быстрей, чем фронт излучения. Затем наступает момент, когда оба эти фронта совпадают друг с другом. В дальнейшем фронт ударной волны продолжает двигаться быстрее, чем фронт излучения, и, когда температура изотермической сферы падает примерно до 300 000° C (540 000° F), скорость движения фронта ударной волны становится больше скорости расширения фронта излучения. Это явление получило название гидродинамической сепарации. При взрыве мощностью 20 килотонн гидродинамическая сепарация происходит примерно через 0,1 миллисекунды (10^{-4} секунд) после взрыва, когда радиус огненного шара составляет около 12 м.

2.107. При движении фронта ударной волны впереди изотермической сферы возникает чрезвычайно большое сжатие окружающего воздуха, в результате чего температура его возрастает до такого уровня, при котором воздух становится раскаленным. В этот момент огненный шар состоит из двух концентрических зон. Внутренняя (более горячая) зона является изотермической сферой с однородной температурой; она окружена второй зоной, представляющей собой слой светящегося воздуха, нагретого под действием ударной волны и имеющего несколько меньшую, но все же достаточно высокую температуру. Поверхность раздела между слишком нагретой сердцевиной (ядром) и несколько более холодным внешним слоем является фронтом излучения.

2.108. Явления, описанные выше, представлены схематически на рис. 2.108. На серии фотоснимков показаны стадии развития огненного шара, соответствующие различным промежуткам времени после ядерного взрыва мощностью 20 килотонн: слева показаны температурные градиенты, справа — градиенты давления. На первом снимке, соответствующем 0,1 миллисекунды, видно, что температура в пределах всей внутренней части огненного шара одно-

родна, а на внешней его поверхности она резко падает, так что это явление аналогично изотермической сфере. Следовательно, когда фронт ударной волны начинает двигаться впереди изотер-

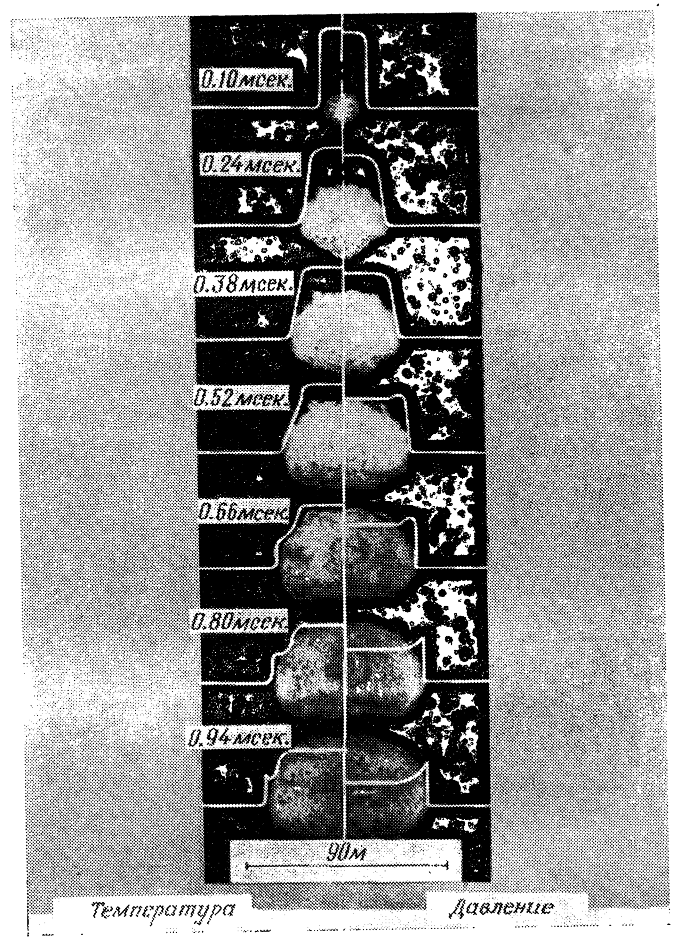


Рис. 2.108. Изменение температуры и давления в огненном шаре, образующемся при ядерном взрыве мощностью 20 килотонн во времени

мической сферы, температура по всей массе огненного шара перестает быть однородной. На снимках это показано более постепенным падением кривой на участке, соответствующем внешней поверхности огненного шара. В конечном итоге образуются две отдельные температурные зоны. Внешняя зона поглощает излучение, испускаемое из центра изотермической сферы, и ввиду этого по-

следняя невидима. Поэтому фотографии изображают только внешнюю поверхность огненного шара.

2.109. Кривые, изображенные справа на рис. 2.108, дают представление о характере изменения давления в огненном шаре. В изотермической стадии давление одинаково во всей массе огненного шара и резко падает во внешней его сфере; однако через короткий промежуток времени, когда фронт ударной волны отделился от изотермической сферы, давление в поверхностной части огненного шара становится выше, чем в его внутренней части. Спустя менее чем 1 миллисекунду после взрыва ударная волна, имеющая довольно крутой фронт, проходит некоторое расстояние впереди изотермической сферы.

2.110. В течение некоторого времени огненный шар продолжает увеличиваться со скоростью, определяемой распространением фронта ударной волны в окружающем воздухе. В этот период температура сжатого воздуха во фронте волны постепенно уменьшается и воздух становится более прозрачным. В конечном итоге воздух становится настолько прозрачным, что через едва видимый фронт ударной волны удается рассмотреть еще более горячую раскаленную внутреннюю часть огненного шара, т. е. изотермическую сферу (рис. 2.32). Начальная стадия этого явления, которая при ядерном взрыве мощностью 20 килотонн наступает спустя около 0,015 секунды после взрыва, называется отрывом.

2.111. Вслед за явлением отрыва ударной волны все еще видимый огненный шар продолжает увеличиваться, но с гораздо меньшей скоростью; максимальных размеров он достигает примерно через одну секунду после взрыва. На рис. 2.111 показан характер увеличения радиуса огненного шара во времени в период приблизительно с 0,1 миллисекунды до 1 секунды после ядерного взрыва мощностью 20 килотонн. Следует иметь в виду, что обе оси графика являются логарифмическими, поэтому нижняя часть кривой (слева) выражает не постоянную скорость увеличения огненного шара, а, скорее всего, уменьшение этой скорости во времени. Еще более заметное уменьшение скорости увеличения огненного шара происходит после отрыва ударной волны, что видно по той части кривой, которая приближается к горизонтальному направлению.

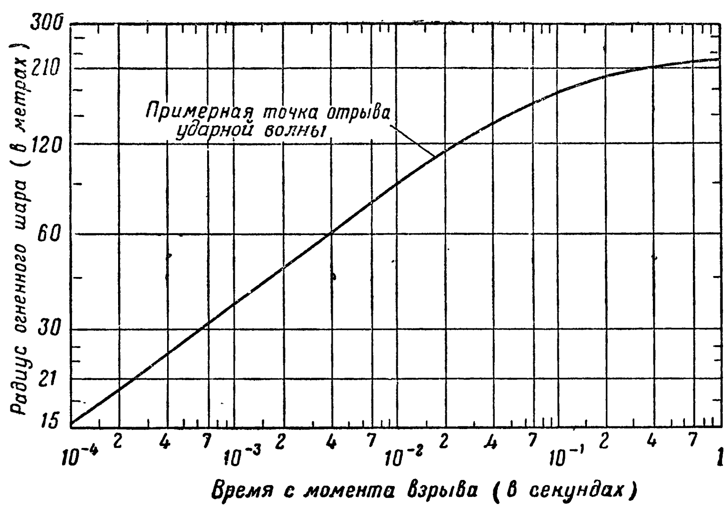


Рис. 2.111. Зависимость радиуса огненного шара, образовавшегося при ядерном взрыве мощностью 20 килотонн, от времени

Температура огненного шара

2.112. Как было отмечено выше, температура внутри огненного шара непрерывно падает, а температура его видимой поверхности, которая оказывает влияние на интенсивность светового излучения, вначале уменьшается до определенного минимума, а затем увеличивается до какого-то максимума и только после этого начинает непрерывно уменьшаться. Причина этого явления состоит в том, что при высоких температурах воздух очень быстро поглощает и испускает световое излучение; однако, когда температура воздуха падает ниже нескольких тысяч градусов, его способность поглощения и испускания светового излучения резко снижается.

2.113. Начиная примерно с того момента, когда температура огненного шара понижается до 300 000° С, при которой фронт ударной волны начинает двигаться впереди изотермической сферы, до момента, когда она достигает своего первого минимума (п. 2.38), увеличение огненного шара происходит в соответствии с законами гидродинамики. Поэтому представляется возможным рассчитать температуру сжатого воздуха на основе измерений скорости распространения ударной волны, т. е. скорости увеличения огненного шара. На рис. 2.113 сплошной линией показано изменение температуры фронта ударной волны во времени (от 10^{-4} до 10^{-2} секунд), полученное этим способом для взрыва мощностью 20 килотонн. Однако фотографиче-

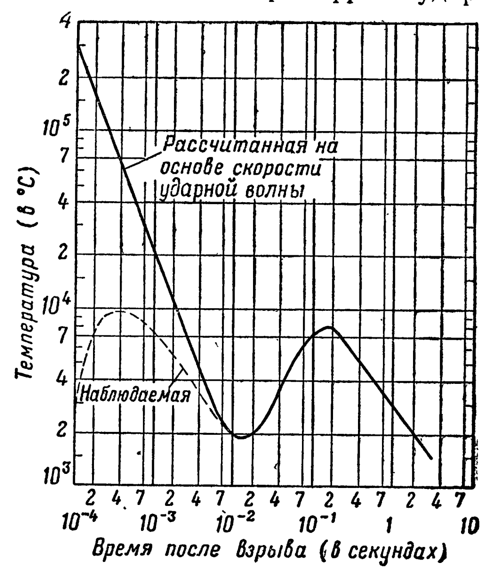


Рис. 2.113. Зависимость температуры поверхности огненного шара (мощность взрыва 20 килотонн) от времени

ские и спектроскопические измерения яркости поверхности движущегося фронта ударной волны, произведенные с определенного расстояния, дают гораздо меньшие значения температуры, которые изображены на рисунке пунктирной кривой. Причина этого расхождения заключается в следующем. Как ядерное, так и световое излучение, испускаемое на самых ранних стадиях взрыва, взаимодействует в толще воздуха с газами атмосферы, находящимися впереди фронта ударной волны, в результате чего образуются озон, двуокись азота, азотистая кислота и другие соединения. Эти вещества сильно поглощают излучения, испускаемые огненным шаром, поэтому яркость огненного шара, наблюдаемая с некоторого расстояния, соответствует температуре значительно меньшей, чем температура во фронте ударной волны.

2.114. Пока температура во фронте ударной волны превышает несколько тысяч градусов, воздух остается непрозрачным для излучения, испускаемого изотермической сферой, поэтому последняя не может быть видимой. Скорость, с которой фронт ударной волны испускает (или поглощает) излучение, определяется его температурой и радиусом. В этот момент его температура значительно ниже, чем температура изотермической сферы, а радиус — больше. Однако как только температура сжатого воздуха понижается до 1800° С, он начинает значительно хуже поглощать (и испускать) излучение. Таким образом, фронт ударной волны все больше и больше становится прозрачным для излучений, исходящих от более нагретой изотермической сферы. Этот процесс соответствует явлению отрыва ударной волны (п. 2.110).

2.115. Поэтому в результате такой демаскировки изотермической сферы при прохождении фронтом ударной волны температурного минимума, равного 1800° С, температура видимой поверхности огненного шара снова повышается (рис. 2.113). Указанный температурный минимум, характеризующий собой конец первого импульса светового излучения, наступает примерно через 11 миллисекунд (0,011 секунды) после ядерного взрыва мощностью 20 килотонн. Следовательно, в тот момент, когда температура видимой поверхности огненного шара после прохождения через определенный минимум начинает снова увеличиваться, видимое световое излучение испускается непосредственно раскаленной внутренней частью огненного шара (т. е. изотермической сферой); это излучение не очень сильно поглощается охлажденным воздухом, находящимся в ударной волне, которая движется впереди огненного шара. Поэтому энергия светового излучения испускается огненным шаром гораздо быстрее, чем до прохождения температурного минимума. Максимальная температура видимой поверхности огненного шара составляет около 7700° С, после чего наступает непрерывный спад температуры, продолжающийся в течение нескольких секунд, во время которого огненный шар охлаждается и прекращает испускать световую энергию. Именно во время второго импульса испускается большая часть светового излучения воздушного взрыва, причем интенсивность этого излучения имеет наибольшую величину в тот момент, когда температура поверхности огненного шара достигает своего максимального значения.

2.116. Графики, представленные на рис. 2.111 и 2.113, относятся к ядерному взрыву мощностью 20 килотонн. Однако такие же результаты получаются и для взрывов другой мощности. Скорость увеличения размеров огненного шара зависит от фактической мощности взрыва. Время достижения первого минимума температуры поверхности огненного шара также зависит от мощности взрыва и может быть с достаточно большой точностью определено с помощью следующей формулы, выведенной на основе законов подобия применительно к воздушному взрыву:

$$t_{\text{мин}} = 0{,}0025 \cdot W^{1/2},$$

где $t_{\text{мин}}$ — время в секундах; W — мощность взрыва в килотоннах.

Явление отрыва ударной волны происходит несколько позднее возникновения температурного минимума видимой поверхности огненного шара. Время достижения второго максимума температуры при воздушном взрыве в зависимости от мощности взрыва может быть определено с помощью следующей формулы (за исключением случаев, когда взрыв имеет очень большую мощность):

$$t_{\text{макс}} = 0{,}032 \cdot W^{1/2}.$$

Таким образом, это время оказывается больше времени возникновения температурного минимума примерно в 10 раз. Для так называемых контактных наземных (надводных) взрывов это время оказывается большим примерно на 30 процентов. Необходимо отметить, что хотя время, соответствующее минимуму и максимуму температуры, изменяется в зависимости от мощности взрыва, абсолютные значения минимальных и максимальных температур излучающей поверхности огненного шара, по существу, не зависят от мощности взрыва.

Размер огненного шара

2.117. Размеры огненного шара увеличиваются с увеличением мощности взрыва. Благодаря сложным взаимодействиям различных гидродинамических факторов и факторов излучения радиусы огненного шара в момент минимума температуры для воздушного и наземного (надводного) взрывов одной и той же мощности не очень сильно отличаются друг от друга. Взаимосвязь между средним радиусом огненного шара и мощностью взрыва может быть приближенно выражена следующей формулой:

$$R \text{ (при минимуме температуры)} = 27 \cdot W^{0,4},$$

где R — радиус огненного шара в метрах; W — мощность взрыва в килотоннах. С другой стороны, явление отрыва ударной волны почти полностью зависит от гидродинамических факторов, поэтому между воздушным и наземным взрывами должно быть сделано определенное различие. Для воздушного взрыва радиус огненного шара может быть определен по формуле

$$R \text{ (в момент отрыва ударной волны) для воздушного взрыва} = 33 \cdot W^{0,4}. \quad (2.117.1)$$

В случае контактного наземного (надводного) взрыва, т. е. взрыва, при котором взрываемый заряд находится на поверхности земли (воды), ударная волна отражается от этой поверхности и распространяется в обратном направлении (см. п. 2.33); поэтому значение W в равенстве (2.117.1), по-видимому, должно быть заменено выражением $2W$, где W — фактическая мощность взрыва. Следовательно, для контактного наземного (надводного) взрыва радиус огненного шара будет равен

$$R \text{ (в момент отрыва ударной волны) для контактного наземного (надводного) взрыва} = 43,5 \cdot W^{0,4}. \quad (2.117.2)$$

В случае наземных (надводных) взрывов в промежуточной области радиус огненного шара в момент отрыва ударной волны сжатия равен каким-то промежуточным значениям, лежащим между величинами, определяемыми равенствами (2.117.1) и (2.117.2). Размеры огненного шара в последних стадиях его развития, вероятно, не могут быть точно определены, но в грубом приближении максимальный радиус можно принять равным удвоенному радиусу огненного шара в момент отрыва ударной волны (рис. 2.111).

2.118. С размером огненного шара взаимосвязана высота взрыва, при которой наблюдается лишь незначительное раннее (или местное) выпадение радиоактивных продуктов взрыва. Можно отметить, что для практических целей эта взаимозависимость может быть приближенно выражена следующей формулой:

$$H \text{ (максимальная для раннего выпадения)} = 54 \cdot W^{0,4}, \quad (2.118.1)$$

где H — максимальная высота взрыва в метрах, при которой будет наблюдаться значительное местное выпадение радиоактивных веществ.

График, построенный с помощью этого уравнения, изображен на рис. 2.118. Из графика, приведенного на рис. 2.118, или из формулы (2.118.1) можно определить, что значительное местное выпадение радиоактивных продуктов взрыва мощностью 1000 килотонн возможно лишь в том случае, если высота взрыва окажется меньше 870 м. Следует, однако, подчеркнуть, что высоты взрыва, рассчитанные таким образом, являются лишь приблизительными и могут иметь вероятную погрешность ±30%. Кроме того, не сле-

дует полагать, что если значение высоты взрыва окажется большим по сравнению с высотой, рассчитанной по формуле (2.118.1), то местного выпадения радиоактивных веществ ни в коем случае не будет. Однако все же можно считать, что выпадение в этом

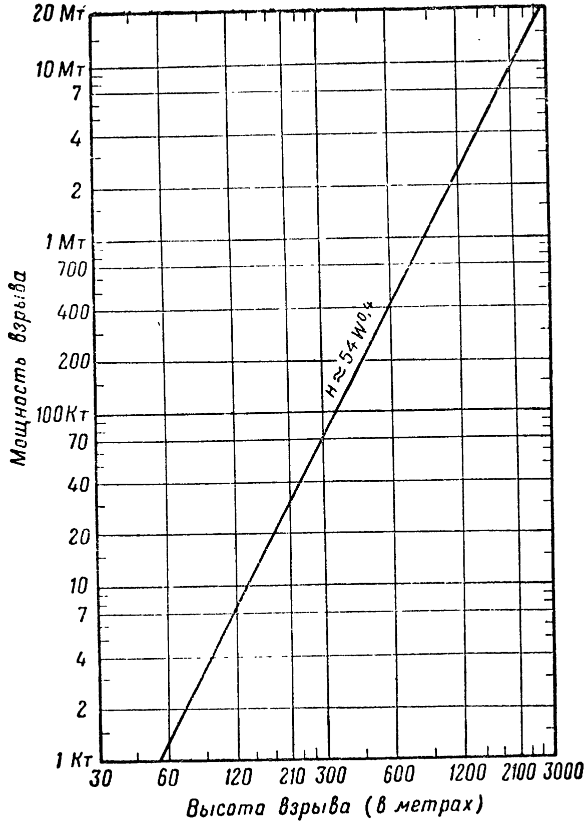


Рис. 2.118. Ориентировочная максимальная высота взрыва, при которой будет значительное местное выпадение радиоактивных веществ

случае некоторого количества радиоактивных веществ (если таковое вообще будет иметь место) окажется не таким большим и продолжительным, чтобы рассматривать его серьезным фактором.

Взрывы на больших высотах

2.119. При ядерных взрывах, происходящих на высотах, простирающихся примерно до 30 тыс. м, плотность воздуха такова, что распределение энергии взрыва почти аналогично рассмотренному в п. 1.22. Например, около 45—55% энергии деления прихо-

дится на ударную волну и 30—40% — на световое излучение. На больших высотах это распределение энергии начинает заметно меняться: с увеличением высоты взрыва доля энергии, приходящаяся на ударную волну, уменьшается. По этой причине верхней границей воздушных взрывов была принята высота в 30 км. Конечно, не существует никакого резкого изменения в характеристике взрывов, осуществляемых на этой высоте; поэтому само определение взрыва на большой высоте как взрыва, происходящего выше 30 км над уровнем моря, является в некотором отношении произвольным. Хотя с увеличением высоты взрыва выше 30 км наблюдается прогрессивное уменьшение энергии, приходящейся на ударную волну, доля энергии, выделяющейся в виде эффективного светового излучения, воспринимаемого на поверхности земли, вначале изменяется не так заметно. Причиной этого является взаимодействие первичного светового излучения с окружающим воздухом и его последующее излучение в различных участках спектра, как об этом будет сказано ниже. При взрыве на еще больших высотах эффективное световое излучение, воспринимаемое на поверхности земли, уменьшается и фактически является меньшим, чем при воздушном взрыве такой же мощности, осуществленном на одинаковом расстоянии от точки, на которую воздействует световое излучение (п. 7.25).

2.120. В том случае если ядерный взрыв происходит на очень большой высоте, малая плотность воздуха оказывает влияние на развитие огненного шара несколькими путями. Вероятность взаимодействия первичного (электромагнитного) светового излучения, т. е. тепловых рентгеновских лучей, с атомами и молекулами воздуха в этом случае заметно уменьшена; поэтому фотоны имеют большие величины среднего свободного пробега, и, перед тем как произойдет их поглощение или будет уменьшена различными способами их энергия, они успевают преодолеть в среднем значительное расстояние. Объем атмосферы, в котором энергия излучения поглощается в течение примерно 1 миллисекунды, может простираться на многие километры, причем эти размеры будут увеличиваться с высотой взрыва. В результате первого взаимодействия рентгеновских лучей с воздухом возникает сильная вспышка света, называемая флюоресцентным излучением и продолжающаяся примерно одну микросекунду. Этот свет, интенсивный в ультрафиолетовом и видимом участках спектра, представляет собой такой же свет, какой наблюдается при возникновении электрических разрядов в воздухе; он состоит преимущественно из излучений, испускаемых возбужденными нейтральными и ионизированными молекулами азота.

2.121. Большая часть энергии рентгеновских лучей поглощается значительным объемом воздуха, который имеет довольно большую массу, несмотря на свою низкую плотность. Следовательно, температура огненного шара, хотя и достигает порядка 10 000° С или более, намного ниже температуры огненного шара при взрыве

в плотных слоях воздуха на уровне моря. В результате взаимодействия тепловых рентгеновских лучей с воздухом образуются различные возбужденные атомы и ионы; излучение, испускаемое этими частицами, представляет собой световое излучение, которое и наблюдается на некотором расстоянии. Таким образом, в течение менее чем одной секунды поглощается около половины энергии, выделяемой при взрыве мощностью в несколько мегатонн на высоте около 75 тыс. м, и образуется основной импульс светового излучения. Остальная часть световой энергии испускается настолько медленно, что ею как поражающим фактором можно пренебречь.

2.122. На рис. 2.122 показано качественное выражение скорости распространения энергии светового излучения на определенное расстояние от центра взрыва как функции времени для взрывов мощностью порядка нескольких мегатонн, осуществляемых на большой высоте и на уровне моря. Из рисунка видно, что, как указывалось выше, при взрыве на большой высоте возникает только один импульс светового излучения относительно малой продолжительности. Этот импульс не только более короткий и более интенсивный по сравнению с импульсом при нормальном воздушном взрыве, но он к тому же испускает гораздо больше ультрафиолетового излучения. Причиной этого является замедление процесса образования озона, окислов азота и азотистой кислоты (п. 2.113), которые очень сильно поглощают лучи, испускаемые в этом участке спектра.

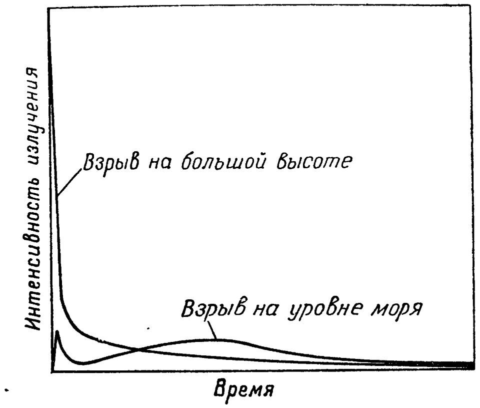


Рис. 2.122. Кривые, иллюстрирующие скорость прихода светового излучения в соответствующие точки на поверхности земли при ядерном взрыве на большой высоте и взрыве на уровне моря

2.123. Так как энергия первичного светового излучения при взрывах на большой высоте поглощается гораздо большим объемом воздуха, то энергия, приходящаяся на единицу объема воздуха, участвующего в образовании фронта ударной волны, оказывается меньшей, чем при воздушном взрыве. Кроме того, образование ударной волны происходит настолько медленно, что за это время огненный шар успевает испустить бóльшую часть своей энергии. Температура во фронте ударной волны не повышается настолько, чтобы воздух стал непрозрачным и маскировал фронт излучения. В связи с этим не наблюдается видимого минимума температуры, как при воздушном взрыве. Поэтому при увеличении высоты взрыва в процессе высвечивания светового импульса про-

исходит целая серия изменений: минимум температуры поверхности огненного шара становится менее отчетливым и в конце концов совсем исчезает, вследствие чего световое излучение испускается за один импульс. По этой причине взрыв «Тэк», осуществленный на большой высоте, сопровождался единственной яркой вспышкой света, имевшей малую продолжительность (п. 2.56).

2.124. Хотя при взрыве на большой высоте плотность энергии в атмосфере мала по сравнению с плотностью этой энергии при воздушном взрыве той же мощности, ударная волна в верхних слоях атмосферы все же образуется. Например, возмущение ионосферы в районе Гавайских островов после осуществления взрыва «Тэк» показало, что ударная волна распространялась со средней скоростью около 1260 м/сек. Образование большой красной светящейся сферы диаметром в несколько сот километров, которая окружала огненный шар, являлось, по-видимому, результатом возбуждения электронов атомов кислорода под действием ударной волны. Вскоре после такого возбуждения избыточная энергия испускается как видимое излучение на участке красного спектра (6.300 и 6.364А).

2.125. Образование зари и возмущение ионосферы, которые влияют на распространение радиоволн (и других подобных им волн), вызывается электрически заряженными частицами, которые либо непосредственно, либо косвенно образуются при взрыве. Общеизвестно, что ионосфера, являющаяся частью атмосферы на высотах более 64 км, играет огромную роль в распространении определенных радиоволн на большие расстояния. Способность ионосферы отражать эти волны зависит от изменения плотности электронов на различных высотах. Нейтроны и гамма-лучи, образующие начальное ядерное излучение, бета-частицы и гамма-лучи, испускаемые продуктами деления, а также рентгеновские лучи способны вызвать ионизацию, т. е. образовать ионы и электроны при взаимодействии с кислородом и азотом воздуха. Отсюда следует, что ядерный взрыв сопровождается значительным увеличением плотности (или концентрации) электронов. При воздушном взрыве на умеренной высоте электроны быстро поглощаются средой за счет захвата их нейтральными молекулами или рекомбинации их с ионами. Следовательно, хотя взрыв в непосредственной близости и будет оказывать влияние на радиосигналы, в целом помехи радиосвязи окажутся незначительными. Однако при взрывах на больших высотах, где плотность воздуха мала, электроны будут оставаться свободными в течение большого промежутка времени, создавая таким образом значительное нарушение нормальной плотности электронов в ионосфере. В результате этого может иметь место затухание радиосигналов на значительной площади в течение нескольких часов. В некоторых случаях магнитное поле Земли усиливает это явление, о чем будет сказано ниже.

2.126. Возникновение зари при ядерном взрыве на большой высоте происходит главным образом благодаря бета-частицам, которые испускаются продуктами деления в процессе их радиоактивного распада. Магнитное поле Земли оказывает влияние на заряженные частицы таким образом, что они вынуждены распространяться в геликоидальных (спиральных) направлениях вдоль магнитных силовых линий Земли. Когда образующиеся при ядерном взрыве бета-частицы попадают в магнитное поле Земли и вовлекаются в верхние слои атмосферы, они вызывают возбуждение электронов (или ионизацию) атомов и молекул воздуха. При этом избыточная энергия возбужденных атомов снова испускается как видимое излучение, характерное для искусственной зари.

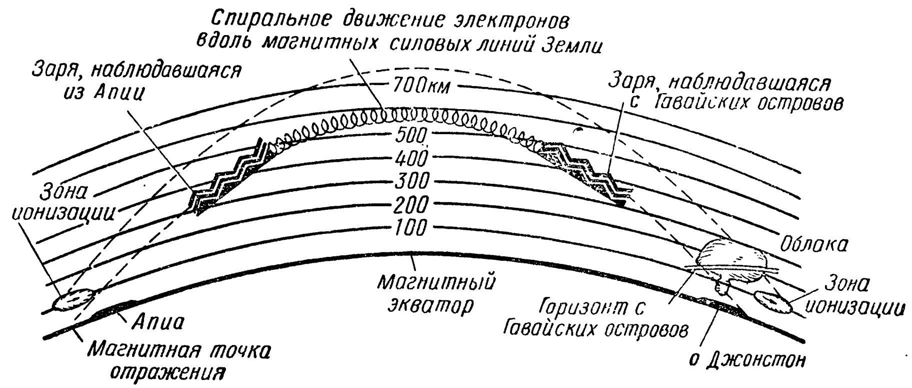


Рис. 2.127. Явления, характеризующие ядерный взрыв на большой высоте

2.127. Зори, возникающие на большом расстоянии от места взрыва, например такие, какие наблюдались в Апии после взрывов «Тэк» и «Ориндж», образуются потому, что Земля представляет собой магнитный диполь, т. е. имеет два полюса (один на севере, другой на юге). Следовательно, каждая силовая линия магнитного поля достигает Земли в двух точках, называемых сопряженными точками; одна из этих точек лежит севернее магнитного экватора, а другая — южнее его. Для силовых линий, проходивших через центры взрывов «Тэк» и «Ориндж», ближайшая сопряженная точка в северном полушарии находилась несколько к северо-востоку от острова Джонстон, в то время как наиболее удаленная сопряженная точка в южном полушарии находилась к северо-западу от Апии. Следовательно, заряженные частицы, совершающие спиральное движение вокруг магнитных силовых линий Земли, входят в атмосферу в районе этих двух точек, которые являются как раз теми зонами, где возможно образование зари (рис. 2.127). Поскольку для бета-частиц, движущихся вдоль магнитных силовых линий Земли, требуется очень короткое время (не более доли секунды), для того чтобы преодолеть расстояние от центра взрыва до южной сопряженной точки, то заря могла наблюдаться почти в одно и то же время как на острове Джонстон, так и в Апии.

2.128. При взрывах на очень больших высотах ионы, входящие в состав продуктов деления, движутся вдоль магнитных силовых линий Земли и обыкновенно приходят в состояние покоя около сопряженных точек на высоте около 110 км. Там продолжается распад, и поэтому они превращаются в стационарный источник бета-частиц. С другой стороны, нейтральные продукты деления, остающиеся вокруг точки взрыва, испускают бета-частицы, которые движутся вдоль силовых линий по направлению к сопряженным точкам. Однако когда они достигают района, в котором сила магнитного поля Земли возрастает, как это происходит возле сопряженных точек, то небольшая часть бета-частиц возвращается обратно (или отражается); таким образом, бета-частицы, до того как они будут в конечном итоге захвачены, успевают несколько раз совершить движение в противоположных направлениях.

2.129. В действительности взаимодействие ионизированных и нейтральных частиц, а также различных излучений с магнитным полем Земли и с атмосферой происходит гораздо сложнее, чем это описано выше. Например, кроме движения заряженных частиц вдоль магнитных силовых линий они имеют также тенденцию к движению перпендикулярно силовым линиям, и эта тенденция проявляется там, где сила магнитного поля непостоянна. В результате этого происходит отклонение движения частиц в восточном (долготном) направлении вокруг Земли, которое накладывается на спиральное движение назад и вперед между районами, расположенными возле сопряженных точек. Кроме того, на все явление в целом значительно влияет высота, на которой происходит взрыв. Эти и другие связанные с данной проблемой вопросы более подробно рассматриваются в главе 10.

Ядерные взрывы и метеорологические условия

2.130. Время от времени, особенно после серии ядерных испытаний в Тихом океане и на полигоне в штате Невада, высказывались предположения относительно возможного влияния ядерных взрывов на погоду. Эти предположения основаны главным образом на двух соображениях. Во-первых, предполагалось, что энергия, добавленная в атмосферу в результате взрывов, может изменить обычное состояние погоды; во-вторых, считалось, что продукты взрыва могут служить в качестве своеобразного фактора, способного легко изменить характер естественного преобразования значительных запасов энергии, аккумулированных в атмосфере.

2.131. Добавление энергии в атмосферу в результате ядерных взрывов не является, по-видимому, важным фактором, так как оно невелико по сравнению с количеством энергии, связанной с большинством метеорологических явлений. Кроме того, эта энергия выделяется таким способом, при котором маловероятно изменение метеорологических условий. Правда, существует возможность нестабильного состояния атмосферы, и внезапный импульс энергии ядерного взрыва может вызвать изменение погоды, которое при других условиях не произошло бы. Что касается образования гроз, то предполагается, что освобождение энергии при ядерном взрыве происходит слишком быстро, и в течение этого ограниченного промежутка времени атмосферные условия не могут измениться настолько, чтобы использовать дополнительную энергию взрыва.

2.132. Существует три возможных варианта косвенного воздействия продуктов взрыва на метеорологические условия (например, в качестве ускоряющего фактора): 1) частицы различных веществ, поднятые в воздух взрывом, могут быть центрами конденсации (зародышами капелек) в атмосфере, изменяя таким образом состояние облачности и распределение осадков на больших территориях; 2) радиоактивный характер продуктов взрыва изменяет электрическую проводимость воздуха, и это может оказать некоторое влияние на наблюдаемые метеорологические явления; 3) частицы различных веществ, образовавшихся при взрыве, попадая в стратосферу, могут помешать передаче лучистой энергии от Солнца и таким образом способствовать понижению температуры на Земле. Эти возможные способы косвенного воздействия ядерных взрывов на метеорологические условия будут рассмотрены более подробно ниже.

2.133. Хотя методы исследования явления конденсации влаги вокруг твердых частиц еще недостаточно разработаны и продолжается их дальнейшее совершенствование, полученные до сих пор данные со всей очевидностью свидетельствуют о том, что остаточные продукты взрыва не являются эффективным фактором при образовании облаков. Правда, после ядерного взрыва над Хиросимой в августе 1945 года в этом районе шел дождь, но, по-видимому, это было в значительной мере обусловлено многочисленными пожарами, которые создавали восходящие потоки воздуха в течение нескольких часов после взрыва. Подобные явления наблюдались в благоприятных атмосферных условиях также при «огненных штормах» во время крупных лесных пожаров и над горящими городами во вторую мировую войну. Однако при многочисленных экспериментальных ядерных взрывах, не сопровождавшихся крупными пожарами, подобных явлений не наблюдалось.

2.134. Через два или три часа после воздушного взрыва «Эйбл», осуществленного у атолла Бикини в 1946 году, в северной части Маршальских островов прошли небольшие ливневые дожди. Была сделана попытка объяснить выпадение этих дождей наличием радиоактивного облака. Однако ливни охватывали обширные районы, и их выпадение можно было легко объяснить существовавшими метеорологическими условиями. Показания приборов свидетельствуют о том, что сколько-нибудь заметные изменения, происшедшие в состоянии ветра и структуре атмосферы

после взрыва, были кратковременными и являлись следствием действия ударной волны и светового излучения. Во всяком случае, такие изменения были значительными только в непосредственной близости от места взрыва. Основная структура облаков над лагуной не изменилась, если не считать появления радиоактивного облака, непосредственно связанного со взрывом.

2.135. Степень ионизации, создаваемой радиоактивными продуктами взрыва, даже при ядерном взрыве на большой высоте, по-видимому, является недостаточной для того, чтобы вызвать сколько-нибудь значительное нарушение общих атмосферных условий. Поэтому маловероятно, чтобы ионизация, сопровождающая ядерный взрыв, могла повлиять на погоду, хотя она и может способствовать возникновению искусственной зари и создать помехи радиопередачам.

2.136. Известно, что пыль, поднимающаяся при сильных вулканических извержениях (например, при таких, как извержение вулкана Кракатоа, происходившее в 1883 году), вызывает заметное понижение количества солнечного света, достигающего земной поверхности. Однако никогда не было установлено, что это уменьшение поступающей от солнца энергии оказывает какое-либо влияние на погоду. Количество частиц различных веществ, остающихся в атмосфере после наиболее мощных ядерных взрывов, вероятно, не превышает 1% (или около этого) общего количества частиц, поднятых вверх при извержении вулкана Кракатоа. Кроме того, показания приборов, регистрирующих солнечную радиацию, свидетельствуют о том, что ни один из ядерных взрывов до сего времени не привел к сколько-нибудь заметным изменениям количества прямого солнечного света, достигающего земной поверхности.

2.137. Разнообразность явлений погоды, обусловленная природными причинами, затрудняет доказательство (или опровержение) того, что любое изменение погоды, наблюдающееся после ядерного взрыва, было вызвано этим взрывом. Однако, по общему мнению компетентных метеорологов, как в США, так и в других странах ядерные взрывы не оказывали влияния на погоду, за исключением локализованного воздействия в непосредственной близости от района проведения испытаний.

СТАДИИ РАЗВИТИЯ ВОЗДУШНОГО ВЗРЫВА

Сразу же после ядерного взрыва в воздухе образуется сильно раскаленный светящийся (газообразный) огненный шар. Ввиду своей чрезвычайно высокой температуры он испускает световое (тепловое) излучение, способное вызвать ожоги на теле человека и воспламенение возгораемых материалов на значительном расстоянии. Ядерные процессы при взрыве сопровождаются вредным ядерным излучением (испускание гамма-лучей и нейтронов),

также обладающим большой проникающей способностью в воздухе. Вскоре после взрыва в воздухе возникает разрушительная ударная волна, которая быстро удаляется от огненного шара.

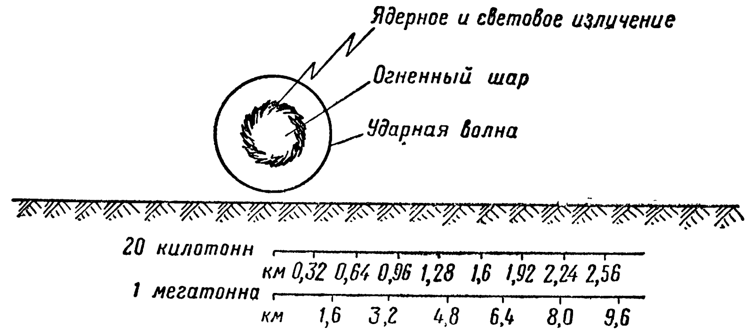


Рис. 2.51а. Развитие воздушных ядерных взрывов мощностью в 20 килотонн и 1 мегатонну (соответственно через 0,5 и 1,8 сек после взрыва)

К моменту времени, указанному на рисунке, огненный шар почти достигает своих максимальных размеров, как это видно из следующей таблицы:

	Диаметр огненного шара в метрах при взрыве ядерного заряда мощностью: 20 кт	1 Мт
К указанному моменту времени	438	1890
Максимальный размер	465	2160

Фронт ударной волны в воздухе к указанному на рисунке моменту времени находится от огненного шара на расстоянии 240 м при ядерном взрыве мощностью 20 килотонн и около 800 м при взрыве мощностью 1 мегатонна.

При падении прямой воздушной ударной волны на поверхность земли возникает отраженная ударная волна. На определенном расстоянии от эпицентра взрыва фронты прямой и отраженной волн сливаются у поверхности земли, образуя одну более сильную волну, называемую волной Маха (или головной ударной волной).

Время и расстояние, на котором возникает волна Маха для воздушных взрывов, осуществляемых на заданных высотах, показаны в следующей таблице:

Мощность	Высота взрыва (м)	Время после взрыва (сек)	Расстояние от эпицентра взрыва (км)
20 килотонн	528	1,25	0,56
1 мегатонна	1950	4,6	2,1

В момент образования волны Маха избыточное давление у поверхности земли составляет 1,12 кг/см².

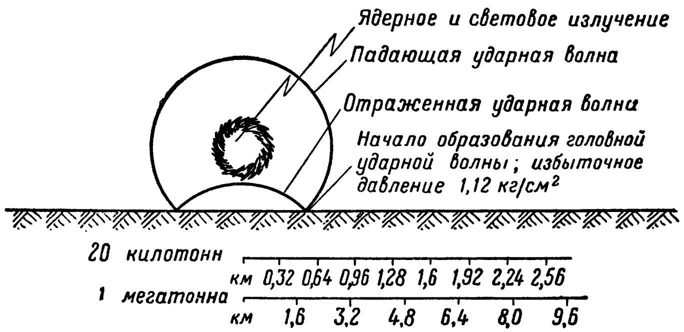


Рис. 2.51б. Развитие воздушных ядерных взрывов мощностью в 20 килотонн и 1 мегатонну (соответственно через 1,25 и 4,6 сек после взрыва)

С течением времени волна Маха удаляется от эпицентра и высота ее фронта увеличивается. Расстояния от эпицентра взрыва и высота фронта волны Маха для указанных на рисунке промежутков времени приведены в следующей таблице:

Мощность	Высота взрыва (м)	Время после взрыва (сек)	Расстояние от эпицентра взрыва (км)	Высота фронта волны Маха (м)
20 килотонн	528	3	1,4	55,5
1 мегатонна	1950	11	5,1	204

Избыточное давление во фронте волны Маха составляет 0,42 кг/см², а скорость воздуха непосредственно за этим фронтом — около 290 км/час.

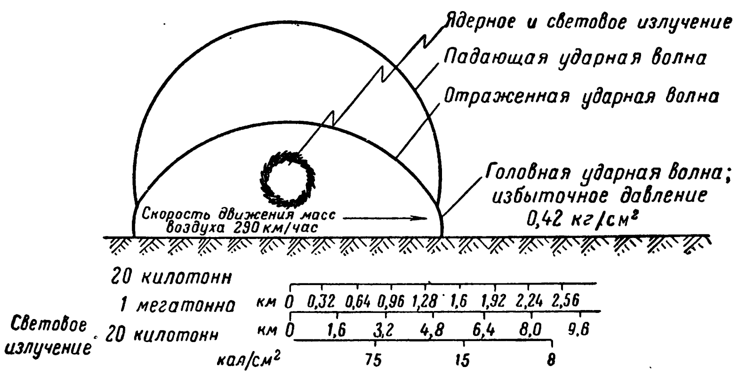


Рис. 2.51в. Развитие воздушных ядерных взрывов мощностью в 20 килотонн и 1 мегатонну (соответственно через 3 и 11 сек после взрыва)

Но через 3 секунды после ядерного взрыва мощностью 20 килотонн огненный шар остывает настолько, что световое излучение не имеет большого значения, хотя огненный шар продолжает оставаться еще в сильно нагретом состоянии. Общее количество светового излучения в калориях, приходящееся на один квадратный сантиметр поверхности на различных расстояниях от эпицентра воздушного взрыва мощностью 20 килотонн на высоте 528 м, показано на нижней шкале рисунка (более подробно об этом говорится в главе 7). Через 11 секунд после взрыва мощностью в 1 мегатонну огненный шар все еще продолжает испускать значительное количество светового излучения; испускание светового излучения происходит в течение более длительного промежутка времени, чем при взрыве меньшей мощности.

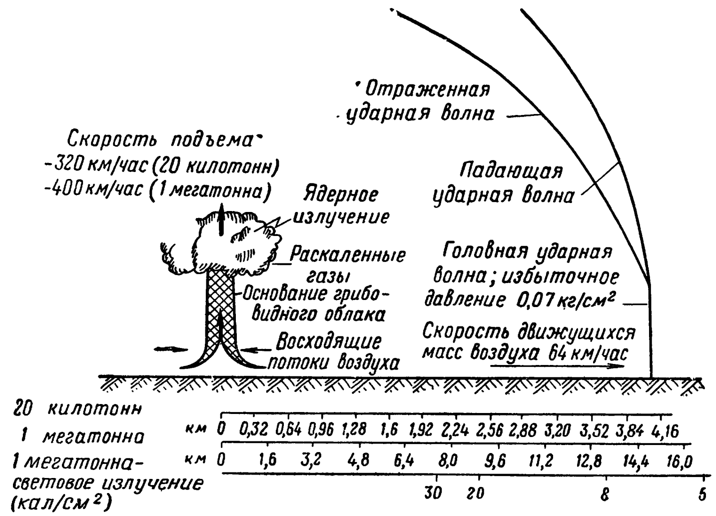


Рис. 2.51г. Развитие воздушных ядерных взрывов мощностью в 20 килотонн и 1 мегатонну (соответственно через 10 и 37 сек после взрыва)

Через 10 секунд после взрыва мощностью в 20 килотонн на высоте 528 м фронт волны Маха находится на расстоянии около 4 км от эпицентра взрыва, а для взрыва мощностью в 1 мегатонну на высоте около 2 км через 37 секунд после взрыва он находится на расстоянии около 15,2 км от эпицентра. В обоих случаях избыточное давление во фронте волны Маха составляет около 0,07 кг/см², а скорость воздуха за фронтом — 64 км/час. При этих условиях будут наблюдаться незначительные повреждения многих сооружений, в том числе срыв дверей и оконных рам, разрушение крыш, повреждение штукатурки. При избыточном давлении менее 0,035 кг/см² будут выбиты из окон стекла. Световое излучение через 37 секунд после взрыва даже при взрыве мощностью в 1 мега-

тонну уже не имеет важного значения. Общее количество светового излучения, получаемого на различном расстоянии от эпицентра взрыва, показано на нижней шкале рисунка. Однако ядерное излучение в значительном количестве все еще может наблюдаться на поверхности земли; оно состоит главным образом из гамма-лучей, испускаемых продуктами деления.

Огненный шар больше уже не светится, но продолжает оставаться в сильно нагретом состоянии; он ведет себя подобно баллону, наполненному горячим воздухом, и поднимается вверх с боль-

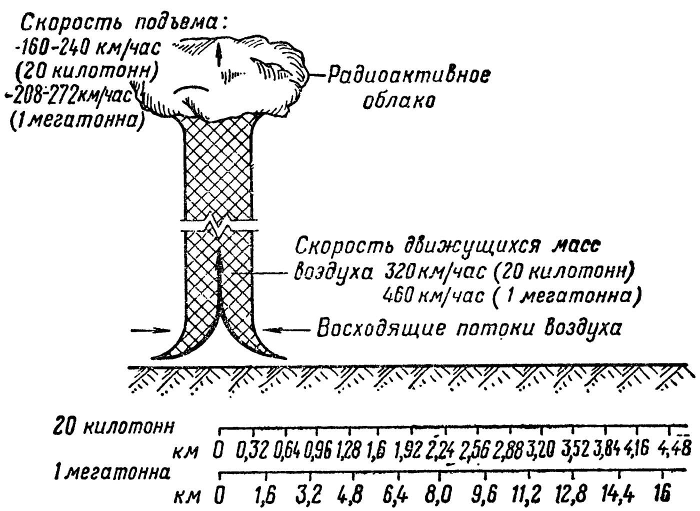


Рис. 2.51д. Развитие воздушных ядерных взрывов мощностью в 20 килотонн и 1 мегатонну (соответственно через 30 и 110 сек после взрыва)

шой скоростью. При своем подъеме вверх огненный шар втягивает во внутрь и вверх воздух примерно таким же образом, как это происходит в дымоходной трубе. Вследствие этого возникают сильные восходящие потоки воздуха, называемые вторичными потоками. При относительно низких воздушных взрывах эти потоки могут поднять с поверхности земли пыль и другие твердые частицы, которые образуют стержень (ножку) характерного грибовидного облака.

Горячие продукты взрыва продолжают подниматься вверх, одновременно расширяясь и охлаждаясь. В результате этого газообразные продукты деления и другие остаточные продукты конденсируются и образуют облако, состоящее из частиц с высокой радиоактивностью. Восходящие потоки (вторичные потоки) имеют скорость 320 км/час и более; при низком воздушном взрыве эти

потоки продолжают поднимать столб пыли и других частиц, который затем соединяется с радиоактивным облаком, приобретая при этом характерную грибовидную форму. За указанное время облако от взрыва мощностью в 20 килотонн поднимается на высоту около 2,4 км, а при взрыве мощностью в 1 мегатонну — на высоту около 10 км. Примерно через 10 минут радиоактивное облако достигнет максимальной высоты соответственно 10,2 и 20,4 км. В конечном итоге частицы, составляющие облако, рассеиваются ветром, и до тех пор, пока они не осядут, раннее (или местное) выпадение радиоактивных веществ отсутствует. Только при высотах, равных менее 180 м для взрыва мощностью в 20 килотонн и менее 900 м для взрыва мощностью в 1 мегатонну, можно ожидать раннее выпадение радиоактивных веществ в значительном количестве.

Хотя к этому времени облако все еще остается сильно радиоактивным, ядерное излучение на поверхности земли будет незначительным. Это объясняется тем, что радиоактивное облако уже поднялось на большую высоту, а активность продуктов деления уменьшилась в результате естественного радиоактивного распада.

СТАДИИ РАЗВИТИЯ ПОДВОДНОГО ВЗРЫВА НА НЕБОЛЬШОЙ ГЛУБИНЕ

При ядерном взрыве под водой образуется пузырь раскаленных газов и пара, который прорывается через поверхность воды, если взрыв происходит на небольшой глубине. В результате ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн вверх выбрасывается полый столб воды и водяных брызг, который через 2 секунды после взрыва достигает высоты более 1500 м. При этом газообразные продукты взрыва прорываются в атмосферу через центральную полую часть водяного столба.

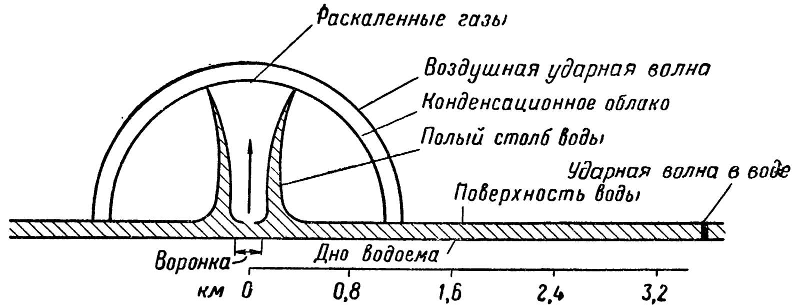


Рис. 2.80а. Развитие подводного ядерного взрыва, произведенного **на небольшой глубине**, мощностью в 100 килотонн (через 2 сек после взрыва)

Ударная волна в воде, создаваемая взрывом, распространяется с большой скоростью во все стороны от центра взрыва, и через 2 секунды она находится на расстоянии более 3,2 км от эпицентра взрыва. В результате прорыва раскаленного газообразного пузыря через поверхность образуется также ударная волна в воздухе, но она движется гораздо медленнее, чем подводная волна, так что ее фронт через 2 секунды находится на расстоянии около 1,3 км от эпицентра взрыва.

Вскоре после прохождения воздушной ударной волны образуется куполообразное облако, состоящее из капелек воды, называемое конденсационным облаком, которое сохраняется в течение

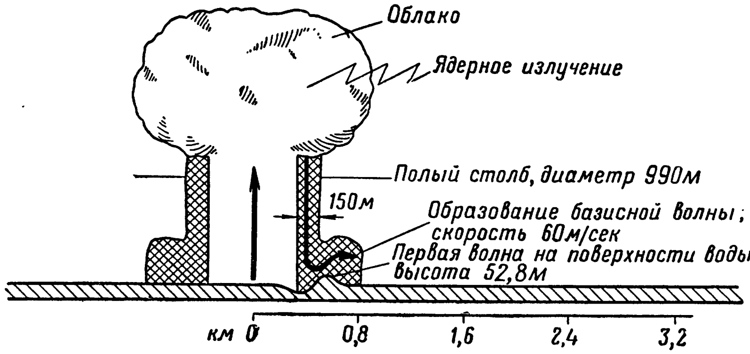


Рис. 2.80б. Развитие подводного ядерного взрыва, произведенного на небольшой глубине, мощностью в 100 килотонн (через 12 сек после взрыва)

1—2 секунд. Хотя это явление и выглядит эффективным, оно, по-видимому, не имеет никакого значения с точки зрения применения ядерного оружия или защиты от него.

При подводном взрыве на умеренной (или большой) глубине почти все световое излучение и большая часть начального ядерного излучения поглощаются водой.

Через 12 секунд после подводного ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн диаметр водяного столба составляет около 1 км, а толщина его стенок — 150 м. Продукты взрыва, прорываясь наружу через центральную полую часть столба, конденсируются и разбрасываются в стороны, образуя облако, напоминающее по своему внешнему виду кочан цветной капусты и частично закрывающее верхнюю часть столба. Облако сильно радиоактивно из-за присутствия в нем продуктов деления; следовательно, оно является источником ядерного излучения. Ввиду того что облако находится на большой высоте, поражающее действие ядерного излучения у поверхности воды незначительно.

Через 10—12 секунд после подводного взрыва на небольшой глубине начинается падение масс воды из столба и при этом во-

круг основания столба образуется кольцо сильно радиоактивного тумана, называемое базисной волной. Это кольцеобразное облако движется во всех направлениях от столба вдоль поверхности воды с начальной скоростью 60 м/сек (216 км/час). При подводных взрывах на определенных глубинах радиоактивное облако может и не образоваться, хотя обычно всегда возникает базисная волна.

Благодаря возмущениям, вызванным подводным взрывом, на поверхности воды образуются большие поверхностные волны. Через 12 секунд после взрыва мощностью 100 килотонн тротилового эквивалента первая из этих волн находится на расстоянии 540 м от эпицентра взрыва, а ее высота от впадины до гребня составляет 52,8 м.

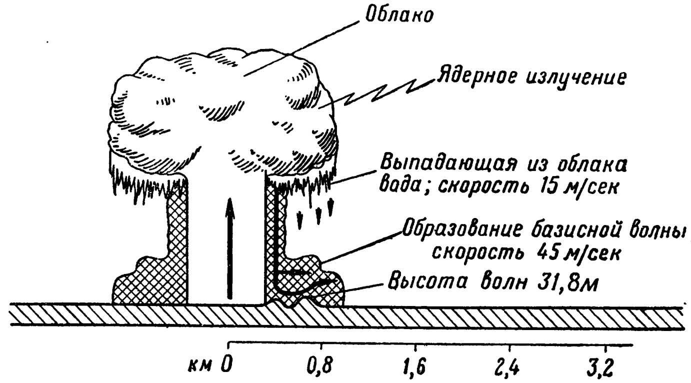


Рис. 2.80в. Развитие подводного ядерного взрыва, произведенного на небольшой глубине, мощностью в 100 килотонн (через 20 сек после взрыва)

В то время как вода и брызги, образующие столб, продолжают падать вниз, базисная волна развивается, поднимаясь вверх и двигаясь во все стороны от эпицентра взрыва вдоль поверхности воды. Через 20 секунд после ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн высота базисной волны составляет около 300 м, а ее фронт находится примерно в 800 м от эпицентра взрыва. В это время базисная волна движется от центра со скоростью около 45 м/сек (160 км/час).

Примерно в это же время из радиоактивного облака начинает выпадать большое количество воды, что иногда называют массовым выпадением воды. Начальная скорость падения составляет около 15 м/сек. Диаметр водяного столба вследствие этого уменьшается до 600 м. Через 20 секунд после взрыва первая поверхностная волна достигает расстояния от эпицентра взрыва, равного около 600 м, а ее высота составляет около 32 м.

Через 1 минуту после подводного взрыва вода, падая из радиоактивного облака, достигает поверхности, образуя зону основного выпадения радиоактивных продуктов. Следовательно, между

радиоактивным облаком (когда оно уже образовано) и поверхностью воды возникает сплошное кольцо из воды и брызг.

Примерно в это же время базисная волна отделяется от основания столба, при этом четко видна ее кольцеобразная форма. Высота базисной волны в это время составляет около 400 м, а ее фронт, движущийся во все стороны со скоростью около 23 м/сек (80 км/час), находится на расстоянии около 1,9 км от эпицентра взрыва. Ввиду радиоактивности базисной волны она может оказать поражающее действие на людей.

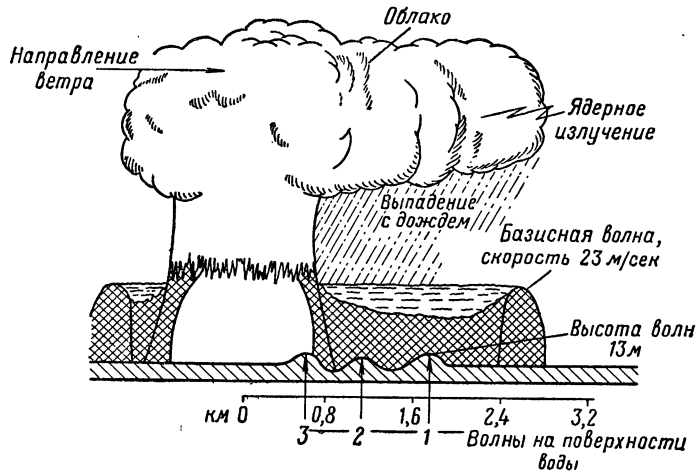


Рис. 2.80г. Развитие подводного ядерного взрыва, произведенного на небольшой глубине, мощностью в 100 килотонн (через 1 мин после взрыва)

В этот момент образуется уже несколько поверхностных волн; первая волна высотой около 13 м находится на расстоянии около 1,6 км от эпицентра взрыва.

Через 2,5 минуты после подводного ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн фронт базисной волны находится примерно в 3,2 км от эпицентра взрыва, а ее высота составляет примерно 600 м. Наибольшее расстояние от эпицентра, на которое распространилось видимое облако базисной волны через 4 минуты после взрыва, составляет примерно 4 км, т. е. диаметр облака составляет около 8 км. В это время базисная волна отрывается от поверхности воды. Явление отрыва базисной волны от поверхности воды объясняется несколькими причинами, в том числе увеличением высоты, уменьшением толщины облака за счет поглощения его воздухом и выпадением из него крупных капель воды в виде дождя. Благодаря естественному радиоактивному распаду продуктов деления, выпадению дождя и разрежению облака воздухом, интенсивность ядерного излучения, испускаемого базисной волной, через

2,5 минуты после взрыва составляет только $^1/_{20}$ интенсивности, которая наблюдалась через 1 минуту после взрыва.

Выпадение воды и водяной пыли из водяного столба и из конденсационного облака приводит к образованию сплошной массы тумана или облака, простирающегося до поверхности воды. В конце концов эта масса тумана сливается с базисной волной, которая расширяется и увеличивается в высоту, а также с естественными облаками в небе и наконец рассеивается ветром.

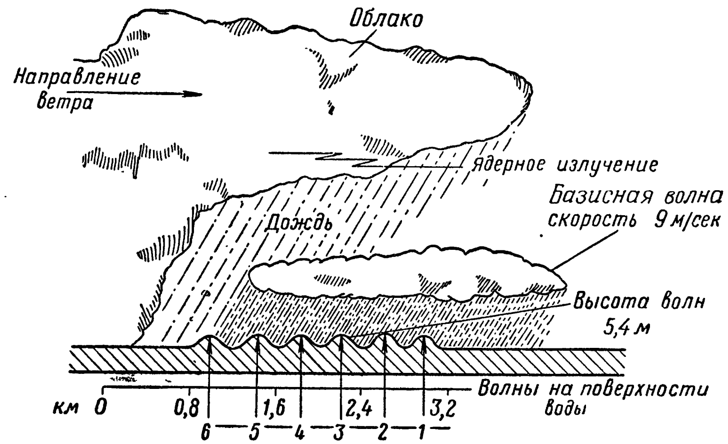


Рис. 2.80д. Развитие подводного ядерного взрыва, произведенного на небольшой глубине, мощностью в 100 килотонн (через 2,5 мин после взрыва)

Через 4 или 5 минут видимая базисная волна начинает исчезать ввиду испарения капель воды, содержащихся в ней. Однако радиоактивные частицы продолжают оставаться в воздухе и распространяются уже как невидимое облако.

СТАДИИ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОГО ВЗРЫВА

Когда ядерный взрыв происходит на небольшой глубине под землей, огненный шар прорывается через поверхность земли за какие-нибудь доли секунды с момента взрыва. При этом сильно раскаленные и сжатые газы, расширяясь, увлекают за собой в воздух в виде полого столба огромное количество грунта. При взрыве на небольшой глубине столб имеет форму опрокинутого конуса, расширяющегося веером с высотой, при этом происходит радиальный выброс грунта. При охлаждении и конденсации горячих газов над выброшенной с поверхности земли массой материала образуется облако с высокой степенью радиоактивности, которое содержит большое количество грунта. В результате выброса из поверхностного слоя земли огромных масс грунта обра-

зуется воронка. При ядерном взрыве мощностью в 100 килотонн в сухом грунте на глубине 15 метров глубина воронки составляет около 36 м, а ее диаметр — 216 м. Вес выброшенного грунта превышает 1 млн. т.

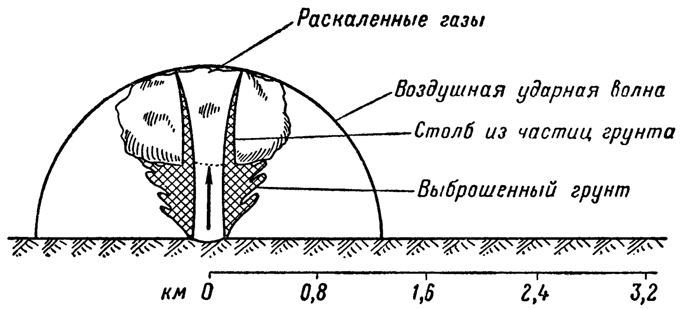


Рис. 2.93а. Развитие неглубокого подземного ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн (через 2 сек после взрыва)

Кроме волны сжатия в грунте, аналогичной в некоторых отношениях сейсмическим волнам, образующимся во время землетрясения, при взрыве образуется также воздушная ударная волна. Через 2 секунды после взрыва фронт воздушной ударной волны находится примерно в 1,2 км от эпицентра взрыва.

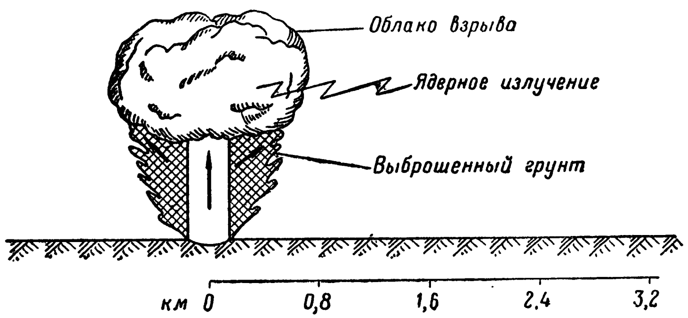


Рис. 2.93б. Развитие неглубокого подземного ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн (через 9 сек после взрыва)

Радиоактивное облако продолжает расти, испуская интенсивное ядерное излучение, которое через 9 секунд после взрыва все еще имеет сильное поражающее действие на поверхности земли. В это же время наиболее крупные частицы грунта, выброшенного в воздух, начинают падать на землю.

При обратном падении грунта из столба наиболее мелкие его частицы приобретают высокие скорости, у поверхности земли образуется базисная волна, аналогичная базисной волне подводного взрыва. Размеры базисной волны, которая, по-видимому, обладает высокой радиоактивностью, зависят от многих факторов, в том числе от мощности и глубины взрыва, а также от характера грунта. Считается, что сухой песчаный грунт будет особенно способствовать образованию базисной волны.

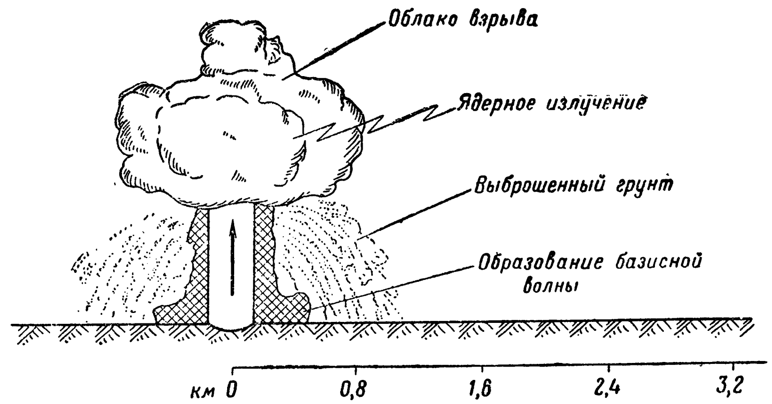


Рис. 2.93в. Развитие неглубокого подземного ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн (через 45 сек после взрыва)

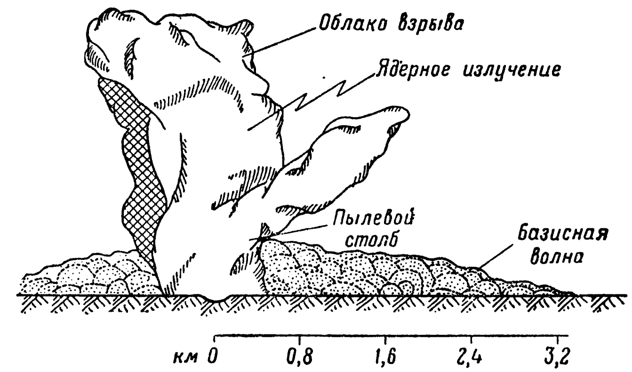


Рис. 2.93г. Развитие неглубокого подземного ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн (через 4,5 мин после взрыва)

Базисная волна увеличивается в высоту и в стороны и вскоре начинает сливаться с радиоактивным облаком, состоящим из остаточных продуктов взрыва и других частиц, при этом часть радиоактивного облака опускается и относится в сторону ветром. Со временем радиоактивное облако рассеивается, но зараженные частицы выпадают на землю в течение нескольких часов, создавая сильное радиоактивное заражение на больших площадях, особенно в направлении ветра.

ГЛАВА 3

ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ В ВОЗДУХЕ И ЕГО ДЕЙСТВИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Возникновение ударной волны

3.01. Бо́льшая часть разрушений при воздушном ядерном взрыве вызывается (прямо или косвенно) действием образующейся при взрыве ударной волны. Если избыточное давление ударной волны составляет 0,035 кг/см² или более, той или иной степени разрушения подвергается большинство сооружений. Расстояние, на котором ударная волна создает такое давление, зависит от мощности и высоты взрыва. Отсюда вытекает целесообразность подробного рассмотрения явлений, связанных с распространением ударной волны в воздухе.

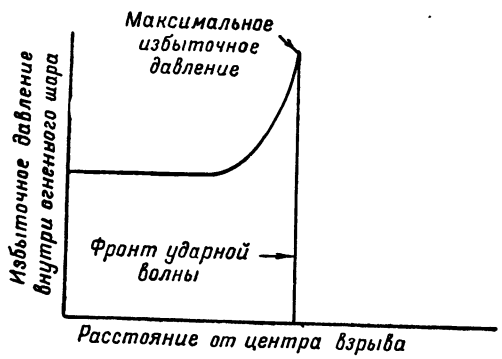


Рис. 3.03. Зависимость величины избыточного давления в огненном шаре от расстояния от центра взрыва

3.02. Разница в давлении, испытываемом различными поверхностями сооружения, создает нагрузку на сооружение в целом. При рассмотрении разрушающего действия ударной волны избыточное давление выступает как одна из важнейших ее характеристик. Поэтому в последующих разделах будет рассмотрено, как изменяется величина избыточного давления в зависимости от времени и расстояния. Наивысшее значение избыточного давления во фронте ударной волны называется максимальным избыточным давлением. Кроме максимального избыточного давления будут рассмотрены также и такие

характеристики ударной волны, как скоростной напор, время действия и время распространения ударной волны.

3.03. Как уже было сказано в главе 2, расширение заключенных в огненном шаре газов, имеющих исключительно высокую температуру и давление, создает воздушную ударную волну, распространяющуюся во все стороны с большой скоростью. Главной особенностью этой волны является то, что давление очень резко возрастает в ее движущемся фронте и уменьшается в направлении к центру взрыва. На рис. 3.03 показана картина изменения давления за фронтом ударной волны на самой ранней стадии ее образования в зависимости от расстояния до центра огненного шара. Из рисунка видно, что до момента отрыва ударной волны (п. 2.110) давление в ее фронте почти в два раза превышает весьма высокое давление внутри огненного шара.

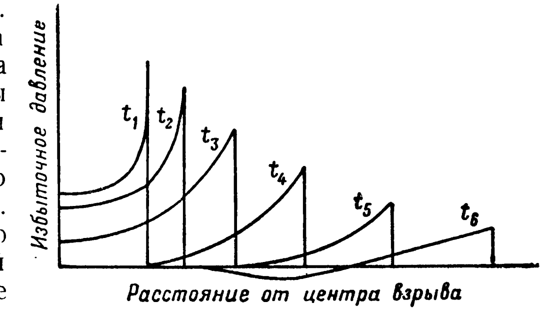


Рис. 3.04. Изменение величины избыточного давления в зависимости от расстояния для различных моментов времени

3.04. По мере того как ударная волна удаляется от источника ее образования, избыточное давление во фронте и за фронтом постепенно уменьшается. После того как фронт волны удалится от огненного шара на определенное расстояние, давление за фронтом волны становится ниже давления окружающей атмосферы и создается так называемая фаза разрежения. Этот процесс проиллюстрирован на рис. 3.04, где показано изменение избыточного давления в ударной волне в зависимости от расстояния для шести последовательных моментов времени, отмеченных индексами 1, 2, 3, 4, 5 и 6. На кривых от t_1 до t_5 давление в ударной волне не становится ниже атмосферного; однако кривая t_6 показывает, что на определенном расстоянии за фронтом волны избыточное давление имеет отрицательную величину. В этой зоне давление воздуха ниже первоначального атмосферного давления, и здесь налицо скорее отрицательное, нежели избыточное, давление.

3.05. В фазе отрицательного избыточного давления (фазе разрежения) создается разреженное пространство, в которое засасывается окружающий воздух (вместо выталкивания, как это обычно бывает при положительной величине избыточного давления). В фазе положительного избыточного давления (фазе сжатия) масса воздуха под воздействием ударной волны движется от центра взрыва, в фазе разрежения — к центру взрыва. К концу фазы разрежения, которая длится несколько дольше, нежели фаза сжатия, давление в ударной волне поднимается до давления окружающей атмосферы. Максимальная величина отрицательного из-

быточного давления обычно является небольшой по сравнению с максимальной величиной положительного избыточного давления и достигает значения 0,28 кг/см². С увеличением расстояния от центра взрыва обе максимальные величины избыточного давления уменьшаются, причем максимальная величина положительного избыточного давления уменьшается быстрее, чем величина отрицательного избыточного давления. Уравниваются они только тогда, когда достигают очень небольшого уровня.

Изменение избыточного давления во фронте воздушной ударной волны с течением времени

3.06. С практической точки зрения интересно проследить за изменением избыточного давления ударной волны в зависимости от времени в какой-либо фиксированной точке. На рис. 3.06 показано изменение избыточного давления в зависимости от времени в фиксированной точке через несколько секунд (возможно, до полминуты) после момента взрыва. На левой стороне этого же рисунка показана общая картина воздействия избыточного давления на легкие постройки, деревья и мелких животных в различные моменты прохождения ударной волны.

3.07. Давление в фиксированной точке начинает возрастать через некоторое время после взрыва, необходимое для прохождения ударной волной расстояния от места взрыва до данной точки. В момент прихода фронта ударной волны давление воздуха в рассматриваемой точке резко повышается и достигает величины максимального избыточного давления. На рис. 3.06 цифрой «1» обозначен момент взрыва, а цифрой «2» — момент прихода в данную точку фронта ударной волны.

В момент, указанный цифрой «2», от места взрыва начинается очень сильное движение воздуха, называемое часто скоротечным ветром, поскольку его скорость с течением времени быстро падает.

3.08. Максимальное давление, возникшее в момент прихода фронта ударной волны, тут же быстро начинает падать и в момент, соответствующий точке «3» на рис. 3.06, становится равным первоначальному атмосферному давлению.

Хотя избыточное давление в данной точке стало равно нулю, масса воздуха продолжает пока еще двигаться в том же направлении (от центра взрыва). Отрезок между цифрами «2» и «3», соответствующий по времени 0,5—1 секунде для взрыва мощностью в 20 килотонн и 2—4 секундам для взрыва мощностью в 1 мегатонну, представляет собой время действия положительного давления (фазы сжатия) ударной волны. Именно в этот период воздушная ударная волна обладает наибольшим разрушающим действием.

3.09. Продолжая уменьшаться, давление ударной волны становится ниже атмосферного в окружающей среде. По времени этот момент на рис. 3.06 соответствует отрезку между цифрами «3» и «5». В этот период над строением проходит отрицательная фаза

давления ударной волны (фаза разрежения), которая длится несколько секунд. В течение большей части этой фазы воздушные потоки движутся в направлении к центру взрыва. В фазе разрежения ударной волны возможны некоторые разрушения, вызывае-

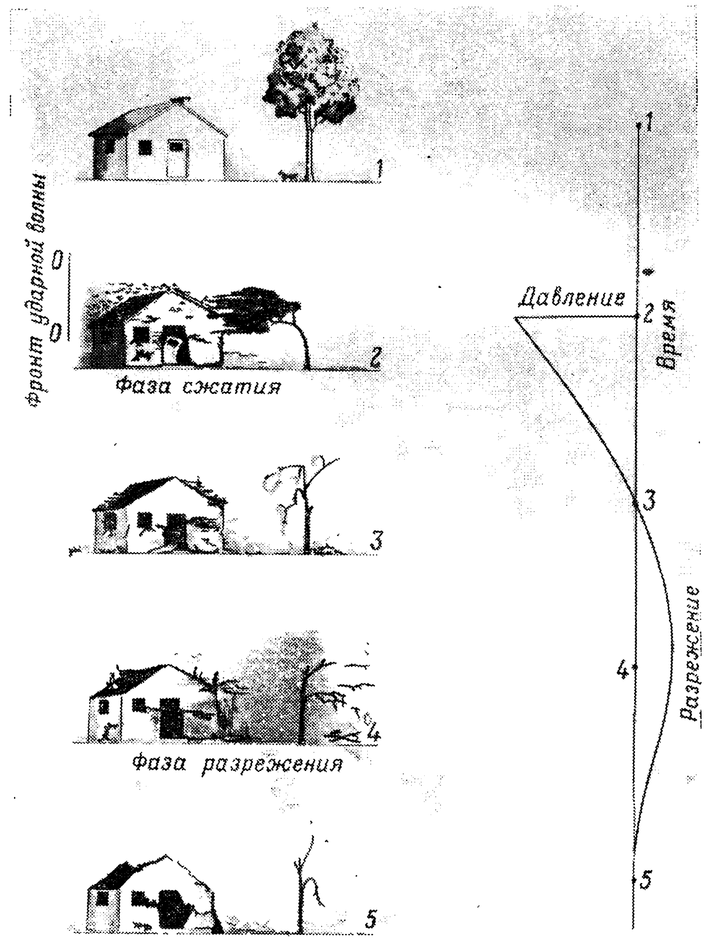


Рис. 3.06. Изменение величины давления в фиксированной точке на местности в зависимости от времени и действие ударной волны на местные предметы

мые движением заключенного в сооружении воздуха, имеющего нормальное давление (могут быть разрушены легкие оштукатуренные стены, выбиты слабо защищенные от удара изнутри большие окна и повреждены каменные перегородки). Однако, поскольку максимальное отрицательное избыточное давление в це-

лом меньше максимального избыточного давления во фронте ударной волны, в фазе разрежения ударная волна приносит меньше разрушений, нежели в положительной фазе (фазе сжатия). В фазе разрежения давление сначала уменьшается, а затем увеличивается и к моменту, обозначенному цифрой «5», достигает величины давления окружающей атмосферы. К этому моменту практически прекращается и движение масс воздуха и кончается непосредственное разрушающее действие воздушной ударной волны. Однако косвенные разрушения могут иметь место от возникших пожаров (гл. 7).

Скоростной напор (динамическое давление)

3.10. Хотя разрушающее действие ударной волны обычно связывается с величиной максимального избыточного давления в ее фронте, имеется и другой, не менее важный по значению, параметр — скоростной напор. Для значительной части сооружений

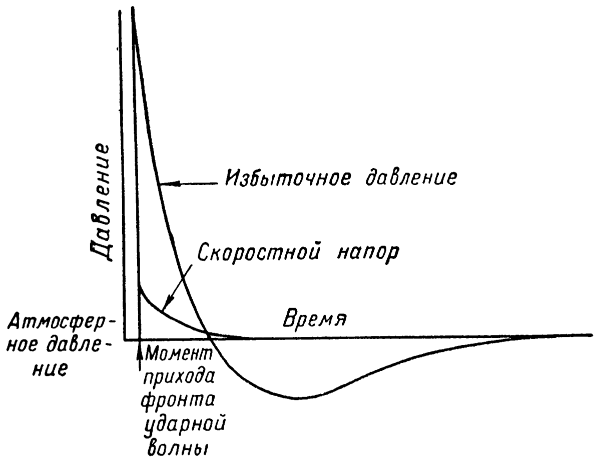


Рис. 3.12. Изменение величины избыточного давления и скоростного напора в фиксированной точке в зависимости от времени (в области низких давлений)

степень разрушения зависит главным образом от величины силы (нагрузки) торможения, образующейся при воздействии масс воздуха за фронтом ударной волны на сооружение. На величину этой силы влияют некоторые характеристики сооружения (главным образом его форма и размеры), но в основном она зависит от максимальной величины динамического давления и продолжительности его действия на то или иное сооружение.

3.11. Величина скоростного напора находится в прямой зависимости от скорости и плотности воздуха за фронтом ударной волны. Оба эти параметра зависят от избыточного давления волны и связаны с величиной этого давления (при идеальных условиях за фронтом ударной волны) определенными равенствами, о которых пойдет речь ниже (п. 3.49). Для сильных ударных волн скоростной напор больше избыточного давления, но при избыточном давлении менее 4,9 кг/см² скоростной напор меньше избыточного давления ударной волны. Подобно максимальному избыточному давлению ударной волны, максимальный скоростной напор уменьшается по мере удаления от центра взрыва, хотя и иными темпами. В таблице 3.11 приведены некоторые данные, характеризующие соотношение максимального избыточного давления, максимального скоростного напора и максимальной скорости движения воздуха во фронте ударной волны.

Таблица 3.11

Максимальное избыточное давление, скоростной напор и скорость движения воздуха во фронте ударной волны

Максимальное избыточное давление (кг/см²)	Максимальный скоростной напор (кг/см²)	Максимальная скорость движения масс воздуха (км/час)
14,0	23,1	3350
10,5	15,6	2850
7,0	8,6	2275
5,0	5,6	1870
3,5	2,8	1510
2,1	1,1	1070
1,4	0,56	750
0,7	0,14	449
0,35	0,06	256
0,14	0,007	112

3.12. Изменение величины скоростного напора в определенной точке в зависимости от времени в некотором роде подобно изменению величины избыточного давления, однако быстрота уменьшения давления за фронтом ударной волны обычно бывает иная. Это можно проследить на рис. 3.12, где показано, как изменяются эти два вида давления в течение первых нескольких секунд после прохождения фронта ударной волны. В приведенном примере максимальное избыточное давление равняется примерно 0,35 кг/см², а максимальный скоростной напор — около 0,05 кг/см²; при других величинах максимального избыточного давления положение кривых, естественно, будет иное — соответственно данным, приведенным в таблице 3.11.

3.13. Когда фронт ударной волны достигает данной точки, как избыточное давление, так и скоростной напор почти моментально поднимаются от нуля до их максимальных величин, а затем начи-

нают уменьшаться. Скоростной напор уменьшается до нуля несколько позднее, нежели избыточное давление, что объясняется инерцией движущегося за фронтом ударной волны воздуха. Однако для оценки разрушающего действия эта разница несущественна. В фазе отрицательного избыточного давления (фаза разрежения) ударной волны величина скоростного напора весьма незначительна и он действует в обратном направлении. Поэтому разрушения, причиняемые скоростным напором в фазе отрицательного избыточного давления ударной волны, в целом небольшие по сравнению с разрушениями, происходящими от действия скоростного напора в фазе сжатия (положительного избыточного давления) ударной волны.

Время распространения и время действия ударной волны

3.14. Как указывалось выше, для распространения ударной волны от центра взрыва до какой-либо точки требуется определенное время. Это время (время распространения) зависит от мощности взрыва и расстояния; при мощности взрыва в 1 мегатонну время распространения ударной волны на расстояние 1,6 км будет равно примерно 4 секундам. Вначале скорость фронта ударной волны очень высока, во много раз больше скорости звука, но по мере распространения ударной волны ее скорость уменьшается, так как давление во фронте падает. В конце концов на больших удалениях ударная волна превращается, по существу, в звуковую волну и скорость ее распространения приближается к скорости звука в окружающей среде.

3.15. Время действия ударной волны в какой-либо определенной точке также зависит от мощности взрыва и расстояния. На малых расстояниях от центра взрыва продолжительность фазы сжатия ударной волны самая короткая; по мере распространения ударной волны она увеличивается. Так, например, при взрыве мощностью в 1 мегатонну действие фазы сжатия ударной волны на расстоянии 1,6 км продолжается около двух секунд. Минимальная продолжительность фазы сжатия исчисляется временем от прихода фронта ударной волны до начала фазы разрежения.

3.16. Как уже указывалось выше, скорость движения потока воздуха за фронтом ударной волны падает до нуля несколько позднее окончания фазы избыточного давления. Следовательно, продолжительность действия скоростного напора в этой фазе может превосходить продолжительность действия избыточного давления на различную величину, зависящую от величины избыточного давления. Однако скоростной напор после окончания фазы сжатия настолько мал, что его можно не принимать во внимание. Поэтому время, в течение которого скоростной напор является эффективным, можно в основном считать равным продолжительности фазы сжатия. То же самое можно сказать и в отношении соответствующих фаз разрежения.

ОТРАЖЕНИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ОТ ПОВЕРХНОСТИ

Падающая и отраженная волны

3.17. Когда падающая ударная волна, образующаяся при воздушном взрыве, достигает более плотной среды, например поверхности земли или воды, она отражается. Процесс образования отраженной волны в этих условиях показан на рис. 3.17. На этом рисунке показаны четыре стадии распространения сферической ударной волны от центра воздушного взрыва. В первой стадии фронт ударной волны еще не достиг поверхности земли. Во второй стадии фронт ударной волны распространился несколько дальше, но не достиг поверхности земли. На третьей, более поздней, стадии образовалась отраженная ударная волна, показанная на рисунке пунктиром.

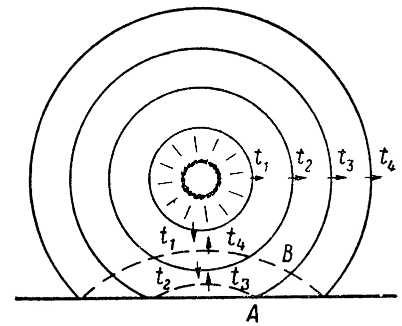


Рис. 3.17. Отражение ударной волны от поверхности земли при воздушном взрыве; t_1—t_4 — последовательные моменты времени

3.18. Когда происходит такое отражение, человек или предмет, находящийся непосредственно на поверхности, сразу испытывает увеличение давления в виде удара, поскольку отраженная волна образуется мгновенно. Следовательно, величиной избыточного давления на поверхности земли практически можно считать величину давления отражения. В районе эпицентра величина избыточного давления отраженной волны у поверхности земли более чем в два раза превышает величину максимального избыточного давления падающей ударной волны. Точная величина максимального давления отражения (п. 3.50 и 3.71) зависит от давления в падающей

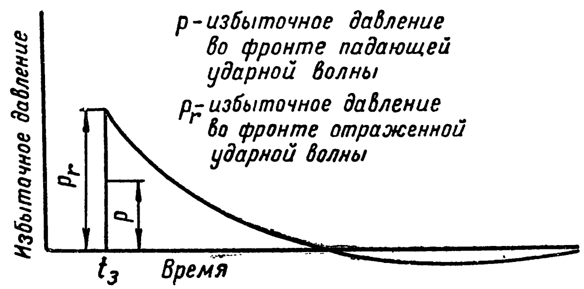


Рис. 3.18. Изменение величины избыточного давления в фиксированной точке, находящейся на поверхности земли в ближней зоне распространения ударной волны, в зависимости от времени

волне и угла ее падения. На рис. 3.18 показано изменение избыточного давления в зависимости от времени в определенной точке, расположенной недалеко от эпицентра[1], например в точке A (рис. 3.17), при идеальном фронте ударной волны. Можно считать, что точка A находится в зоне «регулярного» отражения, т. е. там, где не происходит слияния фронтов падающей и отраженной ударных волн.

3.19. В любой точке, расположенной в этом районе на некотором расстоянии от поверхности земли, будут иметь место два отдельных удара: первый — в результате действия падающей удар-

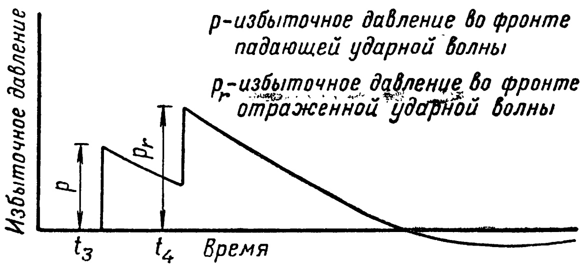


Рис. 3.19. Изменение величины избыточного давления в фиксированной точке, находящейся над поверхностью земли в ближней зоне распространения ударной волны, в зависимости от времени

ной волны и второй — в результате действия отраженной ударной волны, которая приходит в данную точку несколько позднее падающей (рис. 3.19). Такой точкой может быть точка B на рис. 3.17, также находящаяся в зоне регулярного отражения. Когда фронт падающей ударной волны достигает этой точки в момент времени t_3, фронт отраженной ударной волны все еще находится на определенном расстоянии от нее. Следовательно, прежде чем фронт отраженной ударной волны достигнет в момент времени t_4 точки над поверхностью земли, пройдет некоторое время. В период между моментами t_3 и t_4 происходит распространение отраженной ударной волны к точке B, в результате чего величина максимального избыточного давления в ее фронте будет меньше величины избыточного давления, которую отраженная ударная волна имела непосредственно на поверхности земли. При определении действия ударной волны воздушного взрыва на сооружения, расположенные в зоне регулярного отражения (ближняя зона распространения ударной волны), необходимо учитывать силу и направление движения падающей и отраженной ударных волн. После прохождения фронта отраженной волны движение масс воздуха вблизи поверхности земли в основном приобретает горизонтальное направление.

[1] Объяснение термина «эпицентр» см. в п. 2.34.

Образование головной ударной волны

3.20. Вышеизложенное рассуждение о некоторой разнице во времени прихода фронтов падающей и отраженной ударных волн в некоторую точку, находящуюся над поверхностью земли, например точку B на рис. 3.17, основано на предположении, что обе волны движутся примерно с одинаковой скоростью. Такое предположение вполне справедливо для ранних стадий, когда фронт ударной волны находится недалеко от эпицентра. Однако ясно, что отраженная волна у поверхности земли всегда проходит в воздухе, нагретом и сжатом в результате прохождения падающей волны. В результате этого фронт отраженной ударной волны движется быстрее, нежели падающая волна, и при определенных усло-

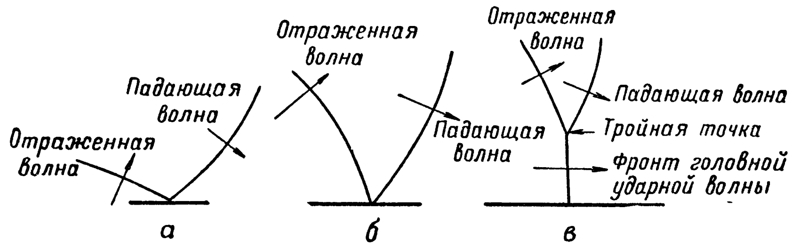


Рис. 3.21. Слияние падающей и отраженной ударных волн и образование головной ударной волны

виях догоняет ее, что приводит к слиянию двух ударных волн и образованию в конечном счете одного общего фронта ударной волны. Этот процесс взаимодействия ударных волн называется отражением Маха или нерегулярным отражением. Область, где наблюдается соединение двух волн, называется областью Маха или областью нерегулярного отражения в противоположность зоне регулярного отражения, где эти волны не сливаются.

3.21. Слияние фронтов падающей и отраженной ударных волн схематически изображено на рис. 3.21, который показывает часть профиля ударной волны вблизи поверхности земли. На рис. 3.21, *а* показано положение падающей и отраженной волн в точке, находящейся достаточно близко от эпицентра, например в точке A (рис. 3.17). На более поздней стадии по мере удаления фронта ударной волны от эпицентра более крутой фронт отраженной волны говорит о том, что он движется быстрее и нагоняет фронт падающей волны (рис. 3.21, *б*). На стадии, показанной на рис. 3.21, *в*, отраженная волна догнала у поверхности земли фронт падающей волны, слилась с ним и образовала один фронт, называющийся фронтом головной ударной волны (волны Маха). Точка,

в которой сливаются фронт падающей, фронт отраженной ударной волны и фронт головной ударной волны, называется тройной точкой[1].

3.22. По мере того как отраженная волна продолжает нагонять падающую ударную волну, тройная точка поднимается и высота фронта волны Маха увеличивается (рис. 3.22). Любой предмет, расположенный на поверхности земли или над нею в области нерегулярного отражения и ниже тройной точки, подвергнется воздействию ударной волны в виде одного удара. Характер действия образовавшейся волны (волны Маха) в общем таков же, каков характер действия ранее рассмотренных ударных волн. Избыточное давление в определенной точке после прохождения фронта падает; за положительной фазой избыточного давления (фазой сжатия) следует фаза отрицательного избыточного давления (фаза разрежения), как это показано на рис. 3.06.

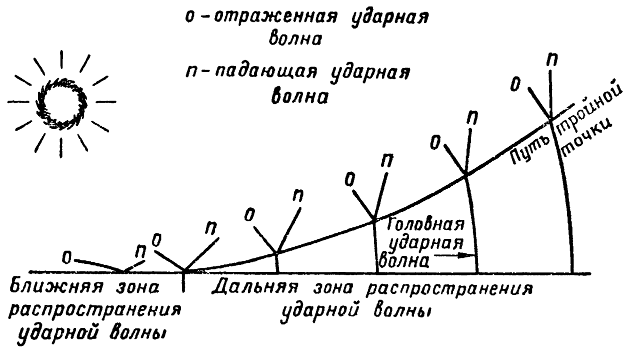


Рис. 3.22. Характер распространения ударной волны вблизи поверхности земли в дальней зоне

3.23. Объекты, находящиеся выше траектории тройной точки, например самолет или верхняя часть высокого здания, испытывают увеличение давления в виде двух ударов. Первый удар происходит в результате действия падающей ударной волны, второй удар — небольшой промежуток времени спустя, от отраженной волны. При контактном наземном (надводном) ядерном взрыве образуется только одна слившаяся волна на поверхности земли или над нею и, следовательно, будет чувствоваться только один удар.

3.24. Что касается разрушающего действия ударной волны, то необходимо уделить внимание по меньшей мере двум моментам, наблюдающимся в процессе отражения. Во-первых, в дальней зоне на высоте ниже тройной точки действует только одна волна, в то время как в зоне регулярного отражения действуют две от-

[1] Так называемая тройная точка в действительности не является точкой, представляет собой окружность с центром, находящимся на вертикальной линии, проходящей через точку взрыва; на рисунке (рис. 3.21, *в*) она выглядит как точка.

дельно образующиеся волны — падающая и отраженная. Во-вторых, поскольку фронт головной волны почти вертикален, образующаяся волна распространяется в горизонтальном по отношению к поверхности земли направлении и поток воздуха движется в основном параллельно поверхности земли (рис. 3.21). Таким образом, в дальней зоне силы, возникающие при взрыве, действуют на наземные сооружения и другие объекты почти горизонтально, вследствие чего вертикальные поверхности этих сооружений и объектов испытывают значительно большую нагрузку, чем их горизонтальные поверхности.

3.25. Расстояние от эпицентра, на котором происходит слияние волн и создается фронт головной ударной волны, зависит от мощности и высоты взрыва. Если высота взрыва не очень велика, то расстояние, на котором возникает фронт головной ударной волны, увеличивается (при неизменной мощности) по мере увеличения высоты взрыва и уменьшается (при неизменной высоте) с уменьшением мощности. При воздушном ядерном взрыве на относительно небольших высотах образование фронта головной ударной волны происходит на расстоянии от эпицентра, примерно равном высоте данного взрыва. С увеличением высоты взрыва расстояние от эпицентра, на котором создается фронт головной волны, начинает превышать высоту взрыва все большими и большими темпами.

Высота взрыва и разрушения, вызываемые взрывом

3.26. Высота и мощность ядерного взрыва являются важными факторами при определении степени разрушения находящихся на поверхности земли объектов. Эти две величины обычно обусловливают характер изменения давления в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва, а также другие характеристики, в том числе расстояние от эпицентра до дальней зоны. С уменьшением высоты взрыва (при его неизменной мощности) или с увеличением мощности взрыва (при неизменной высоте его) происходит следующее: 1) головная волна начинает образовываться на более близком расстоянии от эпицентра; 2) избыточное давление на поверхности земли в районе эпицентра увеличивается. При контактном наземном взрыве избыточное давление в районе эпицентра достигает максимального значения. Кроме того, как будет показано в главе 6, при этом наблюдается образование воронки и возникновение волны сжатия в грунте.

3.27. Из существующей зависимости между высотой и мощностью взрыва следует, что при ядерном взрыве большой мощности на высоте несколько сот и тысяч метров действие ударной волны на поверхности земли в районе эпицентра взрыва будет таким же, как и при более низком воздушном взрыве. С другой стороны, взрыв небольшой мощности, произведенный невысоко над поверхностью земли, будет иметь характеристики типичного воздушного взрыва. Иллюстрацией к этим положениям служит ядерный взрыв над Нагасаки (Япония) во время второй мировой

войны, когда была взорвана бомба с тротиловым эквивалентом примерно в 20 килотонн на высоте около 555 м. Путем использования определенных правил, которые называются законами подобия и рассматриваются в последнем теоретическом разделе данной главы (п. 3.55), установлено, что для получения таких же как в Нагасаки избыточных давлений ударной волны в районе эпицентра взрыва высота взрыва для заряда мощностью в 1 килотонну должна быть примерно 204 м, а для заряда мощностью в 1 мегатонну — 2040 м. Во всех этих случаях расстояние, на котором происходит образование фронта головной ударной волны, будет немногим отличаться от соответствующих высот взрыва.

3.28. Следует отметить, что с точки зрения действия ударной волны для какой-либо определенной мощности взрыва не существует одной оптимальной высоты, поскольку выбор высоты взрыва определяется характером цели. Как правило, для разрушения прочных объектов требуется соответствующий воздушный взрыв на небольшой высоте от поверхности земли или наземный взрыв. Для менее прочных целей, которые разрушаются при сравнительно небольших величинах избыточного давления или скоростного напора, высота взрыва может быть увеличена с целью расширения зоны поражения, поскольку при этом необходимая величина избыточного давления и скоростного напора распространится на больший район, нежели при воздушном взрыве на небольшой высоте или при наземном взрыве.

3.29. Изменение характеристик ударной волны в зависимости от расстояния от эпицентра при воздушных взрывах, производимых на различных высотах, наиболее удобно может быть представлено так называемыми кривыми высоты взрыва. Такие кривые подготовлены для различных параметров ударной волны, таких, например, как максимальное избыточное давление, максимальный скоростной напор, время распространения, продолжительность фазы сжатия, и будут рассмотрены ниже. Значения величин этих (или других) параметров для взрывов любой высоты и мощности могут быть определены по кривым путем применения соответствующего закона подобия.

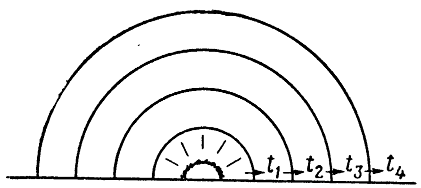


Рис. 3.30. Образование ударной волны при наземном (надводном) взрыве; падающая и отраженная волны составляют единую волну; t_1—t_4 — последовательные моменты времени

Контактный (наземный) взрыв

3.30. Общие параметры ударной волны, образующейся при контактном (наземном, надводном) взрыве, несколько отличаются от параметров ударной волны, образующейся при воздушном взрыве. При взрыве на поверхности фронт ударной волны в воздухе имеет полусферическую форму, как показано это для различных моментов времени от t_1 до t_4 на рис. 3.30. При этом взрыве отсутствует зона регулярного отражения ударной волны и все объекты и сооружения на поверхности, расположенные даже близко к эпицентру, испытывают воздействие ударной волны, аналогичное воздействию, которому они подвергаются при воздушном взрыве в зоне нерегулярного отражения ниже траектории тройной точки. Поэтому при рассмотрении действия ударной волны можно считать, что по отношению к большинству сооружений ее фронт будет вертикальным. Массы воздуха, двигающиеся у поверхности за фронтом ударной волны, будут направлены в основном горизонтально.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЗРЫВА НА ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Влияние рельефа местности

3.31. При распространении ударной волны на местности с холмистым рельефом может наблюдаться как усиление, так и ослабление ее действия. Изменение максимального избыточного давления зависит от угла наклона холмов и фактической величины самого давления. Увеличение максимального избыточного давления, наблюдаемое у подошвы холма, происходит в результате отражения ударной волны от переднего (фронтального) склона этого холма. Область этого кратковременного увеличения максимального избыточного давления может расширяться, а его действие длиться более продолжительное время, по мере того как волна распространяется вверх к вершине холма. Однако, как только волна достигнет вершины холма и начнет затекать за обратный скат его, происходит уменьшение величины максимального избыточного давления. Давление во фронте ударной волны за обратным скатом нарастает не мгновенно, как в идеальном фронте ударной волны (рис. 3.06), а более постепенно. По мере распространения ударной волны вниз по обратному скату холма фронт волны становится нормальным. В общем, отклонение величины максимального избыточного давления на склонах (скатах) холма от давления на горизонтальной плоскости зависит от размеров холма и его положения по отношению к месту взрыва. Поскольку промежуток времени, в течение которого происходит увеличение или уменьшение давления, невелик по сравнению с длительностью фазы сжатия, можно предположить, что для большого числа типов сооружений влияние местности на действие ударной волны будет незначительным.

3.32. Особенно важно подчеркнуть, что если объект находится за крутым склоном большого холма, то это еще не гарантирует защиту от действия ударной волны. Иными словами, тот факт, что место взрыва не видно из-за холма, ни в коем случае не означает, что действие ударной волны за холмом не будет ощущаться.

В главе 4 будет показано, что ударная волна может легко огибать встречающиеся на пути препятствия.

3.33. Хотя складки местности могут защищать тот или иной объект от действия светового излучения и, возможно, в некоторой степени от действия начального ядерного излучения, не следует, однако, ожидать сколько-нибудь значительного уменьшения действий ударной волны на сооружения, расположенные в складках местности (за исключением особых случаев). В то же время для таких подвижных объектов, как тяжелые строительные машины, можно обеспечить значительную защиту от действия летящих предметов и скоростного напора, разместив их ниже поверхности земли: в открытых карьерах, глубоких траншеях или за крутыми земляными насыпями.

3.34. Влияние городских строений на распространение ударной волны во многом подобно влиянию рельефа местности. Можно ожидать, что наличие большого числа зданий, находящихся вблизи друг от друга, вызовет местные изменения в ударной волне, особенно в величине скоростного напора. Находящиеся на пути распространения ударной волны объекты и сооружения могут привести к ее некоторому ослаблению. С другой стороны, наличие зданий, многократно отражающих ударную волну, и улиц, представляющих собой каналы для ее распространения, ведет к увеличению избыточного давления и скоростного напора. Поэтому в целом влияние городского комплекса на разрушающее действие ударной волны предсказать трудно.

Влияние метеорологических условий

3.35. Наличие большого количества влаги в атмосфере может повлиять на параметры слабой ударной волны. Однако вероятность распространения волны при таких значительных концентрациях влаги в атмосфере, которые могли бы повлиять на разрушающее действие ударной волны, следует считать небольшой.

Метеорологические условия, тем не менее, могут иногда либо увеличивать, либо сокращать район, в котором обычно ожидаются небольшие повреждения сооружений. Например, повреждение окон происходит обычно в сотнях километров от центра взрыва. Подобные явления, наблюдавшиеся при взрывах большого количества обычных взрывчатых веществ, а также при ядерных взрывах, происходят в результате отражения ударной волны от атмосферы к земле.

3.36. Известны четыре общих условия, влияющих на параметры ударной волны. Во-первых, это температурная инверсия у поверхности земли, когда температура возрастает по мере увеличения высоты. Причиной инверсии может служить охлаждение поверхности земли в ночное время за счет теплоотдачи или движения масс теплого воздуха над сравнительно холодной поверхностью. При наличии инверсии на поверхности земли наблюдается избыточное давление выше обычного. Наоборот, когда преобладают неустойчивые условия и температура с увеличением высоты уменьшается, как это происходит после полудня или в тропических условиях, ударная волна распространяется вверх, отталкиваясь от поверхности земли. Избыточное давление в ударной волне падает с расстоянием быстрее, нежели при изотермических условиях.

3.37. Второе условие связано с наличием быстро движущихся воздушных масс. Если скорость ветра возрастает по мере увеличения высоты примерно на 5 км/час через каждые 300 м, а температура воздуха при этом уменьшается (что обычно наблюдается в дневное время), то ударная волна будет отклоняться к земной поверхности. Это обычно происходит на высотах 7500—15 000 м, где скорость ветров струйного течения достигает максимальной величины. Отмеченное явление может привести к концентрации энергии ударной волны в каком-либо районе (фокусе) земной поверхности. Первый район концентрации энергии ударной волны может находиться в 32—80 км от центра взрыва. Поскольку ударная волна отражается от поверхности земли, а затем вновь посылается атмосферой к поверхности земли, этот процесс может повторяться несколько раз через определенные отрезки расстояния. При взрыве мощностью 20 килотонн, произведенном на полигоне в штате Невада, в результате этого явления оконные стекла были выбиты в зданиях, находившихся на расстоянии до 120 — 160 км от места взрыва.

3.38. Отклонение ударных волн может быть также вызвано слоем сравнительно теплого воздуха, называемого ионосферой, на высоте от 32 до 48 км. На этих высотах ветры зимой дуют с запада, а летом с востока, способствуя распространению ударной волны и звука взрыва до расстояний примерно 110—240 км от центра взрыва. Отражение ударной волны от поверхности земли и последующее ее отражение озоносферой приводят к повторению процесса концентрации энергии ударной волны в определенных районах на поверхности. Эти явления при взрыве мощностью 17 килотонн приводили к выбиванию оконных стекол в районе второй концентрации (во втором фокусе) на расстоянии 456 км от места взрыва. Взрывы большой мощности были отчетливо слышны даже на больших расстояниях[1].

3.39. Четвертое условие создается ввиду исключительно высокой температуры в ионосфере на высоте более 96 км. Вообще звуки, возвращаемые ионосферой, обычно слышны в направлении, противоположном основным сигналам ионосферы, и на расстоянии более 192 км от места взрыва. При распространении ионосферных сигналов по ветру дальность их слышимости увеличивается, а при распространении против ветра — сокращается. Более того,

[1] Условия, описанные в этом пункте и в пункте 3.39, можно также рассматривать как температурную инверсию.

поскольку большая часть энергии ударной волны поглощается при прохождении воздушных слоев исключительно низкой плотности на таких больших высотах, ионосферные сигналы не причиняют повреждений. Однако, проходя через слои воздуха с низким давлением, волны ведут себя как удары и создают очень резкие увеличения давления, хотя они и имеют небольшую амплитуду. Даже когда они возвращаются на землю в результате рефракции, они легко слышны, как резкие хлопки и треск.

Влияние высоты

3.40. На зависимости между избыточным давлением, расстоянием и временем распространения ударной волны в воздухе оказывают влияние условия окружающей атмосферы; последние же сами меняются в зависимости от высоты. При рассмотрении влияния высоты на образование и распространение ударной волны следует остановиться на двух случаях: 1) цель и центр взрыва практически находятся на одной высоте; 2) центр взрыва и цель находятся на разных высотах.

3.41. При наземном взрыве максимальное избыточное давление на данном расстоянии от центра взрыва зависит от атмосферного давления, а последнее изменяется с изменением высоты. В п. 3.59 будут даны простейшие поправочные коэффициенты, позволяющие учесть различия в окружающих условиях, однако пока можно сделать общие выводы. С увеличением высоты взрыва и цели избыточное давление на данном расстоянии от места взрыва в общем уменьшается. Соответственно можно ожидать увеличения времени распространения ударной волны и действия фазы сжатия. Для высот менее 1500 м над уровнем моря изменения указанных параметров ударной волны сравнительно небольшие, и поскольку большинство наземных целей обычно находятся на более низких высотах, то поправки на изменения условий среды приходится делать редко.

3.42. Когда центр взрыва и цель расположены на разных высотах, как, например, при воздушном взрыве на большой высоте, действие ударной волны носит более сложный характер. Поскольку на ударную волну оказывают влияние температура воздуха и начальное давление в среде, через которую она проходит, можно ожидать некоторые изменения во взаимозависимости величин избыточного давления и расстояния от места взрыва на поверхности земли. В пределах зоны значительных разрушений для взрывов небольшой мощности отклонения несущественны. Для взрывов большой мощности, когда ударная волна распространяется на значительно большие расстояния, ввиду влияния температурных инверсий и явления отражения, можно ожидать значительных отклонений от указанной выше зависимости избыточного давления от расстояния. Следовательно, для точных расчетов необходимо иметь подробные данные об атмосферных условиях

на день взрыва. При планировании применения ядерного оружия условия окружающей атмосферы на высоте нахождения цели учитываются для определения поправочного коэффициента только когда эта цель находится на значительной высоте над уровнем моря.

Влияние поверхности

3.43. В зависимости от характера поверхности, над которой производится взрыв определенной мощности на определенной высоте, могут изменяться некоторые характеристики ударной волны. Эти изменения зависят главным образом от характера и площади поверхности, над которой распространяется ударная волна. Например, характер отражающей поверхности и ее неровность могут влиять на величину максимального избыточного давления ударной волны равно как на образование и развитие фронта головной ударной волны. В целом воздействие этих факторов на ударную волну и их влияние на общее разрушающее действие небольшое. Результаты, приводимые ниже в данной главе, даны для примерно идеальных (или почти идеальных) условий поверхности. Однако, если поверхность пыльная, характер ударной волны может измениться в результате образования вспомогательной волны, называемой предвестником, поскольку она предшествует главной падающей волне. Это явление, связанное с распространением ударной волны в неидеальных условиях, будет рассмотрено более подробно в п. 3.72.

3.44. Характер поверхности оказывает известное влияние на степень повреждений, образующихся в результате ударов летящих предметов, увлекаемых ударной волной. Разрушения могут причиняться такими летящими предметами, как обломки скал, камни, галька, равно как и более мелкими частицами, например песком и пылью. Эти отдельные летящие предметы, увлекаемые движущейся ударной волной, не обязательно влияют на величину избыточного давления на фронте ударной волны. В районах с большим количеством пыли ударная волна может увлечь с собой такое количество пыли, которое увеличит скоростной напор до величины, обычно соответствующей величине избыточного давления идеальной ударной волны.

При наличии вспомогательной волны (предвестника) может иметь место также увеличение скорости движения частиц воздуха в ударной волне. Поэтому воздействие на сооружения, обычно разрушаемые главным образом скоростным напором, соответственно усилится, особенно в районах, где образуется сильная вспомогательная волна (предвестник).

Волна сжатия в грунте при воздушном взрыве

3.45. Одним из аспектов действия ударной волны является возможное воздействие воздушного взрыва на подземные сооружения в результате преломления ударной волны в грунт. При этом на-

блюдается небольшое колебание поверхности и происходит сотрясение грунта под действием волны сжатия. Параметры волны сжатия в любой точке определяются величиной избыточного давления воздушной ударной волны непосредственно над данной точкой и ее удалением от поверхности земли. Ударная волна с большим избыточным давлением и длительной фазой сжатия проникает на значительную глубину в грунт, но более слабые ударные волны с более короткой фазой сжатия затухают быстрее. При этом основная составляющая усилия, передаваемого в грунт, будет направлена почти вертикально и равна приблизительно величине избыточного давления ударной волны. Эти явления будут рассмотрены более подробно в главе 6.

3.46. При воздушных взрывах на больших высотах, когда на поверхности создается сравнительно небольшое давление ударной волны, в грунте возникает весьма слабая волна сжатия. Однако, если избыточное давление на поверхности большое, подземные сооружения могут получить повреждения. Если даже сооружение достаточно прочное и может выдержать воздействие волны сжатия, то в результате резкого сотрясения от удара могут пострадать люди, находящиеся в этом сооружении, и может получить повреждение плохо закрепленное оборудование. Некоторые коммунальные сооружения, например канализационные и другие линии, изготовленные из сравнительно твердых материалов и проложенные на малой глубине, могут быть повреждены в результате смещения грунта, однако эластичные металлические трубы, как правило, повреждениям не подвергнутся. При наземном взрыве, сопровождающемся образованием воронки, картина будет иной (гл. 6).

ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Свойства ударной волны

3.47. В предыдущих разделах данной главы были рассмотрены характеристики ударной волны с точки зрения качественной их оценки. Последующие разделы будут посвящены разбору некоторых количественных аспектов действия ударной волны в воздухе. Основные соотношения между параметрами ударной волны, имеющей резко выраженный фронт, на котором происходит разрыв непрерывности давления, получаются из условий Ренкина — Гюгонио, основанных на законах сохранения массы, энергии и количества движения. Эти условия вместе с уравнением состояния воздуха позволяют вывести необходимые зависимости, касающиеся скорости движения фронта ударной волны, скорости движения массы воздуха за фронтом, избыточного давления, скоростного напора и плотности воздуха во фронте идеальной ударной волны.

3.48. Параметры ударной волны в зоне регулярного отражения (ближняя зона распространения) достаточно сложны и зависят

от угла падения волны и ее избыточного давления. При взрыве на поверхности (контактный взрыв), когда образуется одна полусферическая волна, как указано в п. 3.30, и в зоне нерегулярного отражения, ниже траектории тройной точки при воздушном взрыве, параметры ударной волны связаны уравнениями Ренкина — Гюгонио. Именно для этих условий, когда имеется лишь один фронт ударной волны, применимы следующие выводы.

3.49. Скорость фронта ударной волны U выражается формулой

$$U = C_0\left(1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{p}{P_0}\right)^{1/2},$$

где C_0 — скорость звука в окружающей среде (впереди фронта ударной волны);

p — максимальное избыточное давление во фронте ударной волны;

P_0 — давление окружающей среды (перед фронтом ударной волны);

γ — отношение теплоемкостей при данных температурах.

Если γ равно 1,4, что характерно для средних температур, скорость ударной волны будет равна

$$U = c_0\left(1 + \frac{6p}{7P_0}\right)^{1/2}.$$

Скорость воздуха за фронтом ударной волны u равняется

$$u = \frac{c_0 p}{\gamma P_0}\left(1 + \frac{\gamma + 1}{2\gamma} \cdot \frac{p}{P_0}\right)^{-1/2}$$

и для воздуха, таким образом,

$$u = \frac{5p}{7P_0} \cdot \frac{c_0}{(1 + 6p/7P_0)^{1/2}}.$$

Плотность воздуха за фронтом волны ρ относится к начальной плотности воздуха ρ_0 окружающей атмосферы, как

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{2\gamma P_0 + (\gamma + 1) p}{2\gamma P_0 + (\gamma - 1) p} = \frac{7 + 6p/P_0}{7 + p/P_0}.$$

Скоростной напор q определяется выражением

$$q = {}^1/_2\, \rho u^2.$$

Введя соответствующие эквиваленты из уравнений Ренкина — Гюгонио, получаем следующее выражение

$$q = \frac{p^2}{2\gamma P_0 + (\gamma - 1) p} = \frac{5}{2} \cdot \frac{p^2}{7P_0 + p}. \qquad (3.49.1)$$

Изменение скорости распространения ударной волны, скорости воздуха и максимального скоростного напора в зависимости от величины максимального избыточного давления для случая на-

чальных параметров атмосферы по МСА, выводимое из приведенных выше уравнений, графически показано на рис. 3.49.

3.50. Если направление распространения ударной волны перпендикулярно лобовой поверхности сооружения, то при достиже-

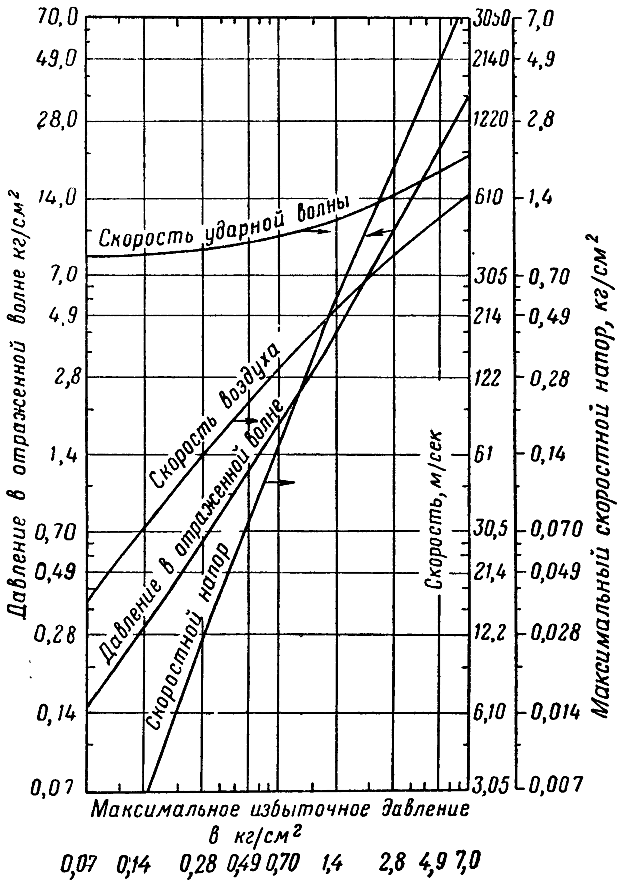


Рис. 3.49. Зависимость параметров ударной волны во фронте от величины максимального избыточного давления

нии волной этой поверхности мгновенная величина давления отражения p_r будет равна

$$p_r = 2p + (\gamma + 1)\, q. \qquad (3.50.1)$$

Используя равенство (3.49.1) для воздуха, получаем

$$p_r = 2p\left(\frac{7P_0 + 4p}{7P_0 + p}\right). \qquad (3.50.2)$$

Из уравнения (3.50.2) можно видеть, что величина p_r приближается к величине $8p$ для больших значений избыточного давления и скоростного напора падающей волны и стремится к $2p$ для малых значений избыточного давления и скоростного напора. Из уравнения (3.50.1) видно, что увеличение избыточного давления в отраженной ударной волне на величину вдвое большую, чем ожидаемое давление в падающей волне, происходит в результате действия скоростного напора. Увеличение давления в отраженной волне происходит от изменения направления движения, которое происходит, когда фронт падающей волны достигает поверхности земли. Кривая, показывающая изменение мгновенной величины избыточного давления в отраженной ударной волне в зависимости от величины избыточного давления в падающей ударной волне, приведена на рис. 3.49.

3.51. Уравнения, приведенные в п. 3.49, определяют максимальные величины различных параметров во фронте ударной волны. Однако, как было показано выше, избыточное давление и скоростной напор со временем уменьшаются, хотя и разными темпами. Изменение избыточного давления, не превышающего 0,7 кг/см², в зависимости от времени в данной точке за фронтом ударной волны может быть с достаточной точностью представлено простым эмпирическим выражением

$$p(t) = p\left(1 - \frac{t}{t_+}\right) e^{-t/t_+}, \qquad (3.51.1)$$

где $p(t)$ — избыточное давление в любой момент времени t после прихода фронта ударной волны в данную точку;

p — максимальное избыточное давление;

t_+ — продолжительность фазы сжатия ударной волны.

В случае взаимодействия ударной волны с сооружением это уравнение используется для определения нагрузки от ударной волны как функции времени для низких величин избыточного давления.

3.52. Строго говоря, скорость затухания приведенного избыточного давления за фронтом ударной волны зависит от максимального избыточного давления. Это может быть выражено математически рядом экспоненциальных уравнений, по форме подобных эмпирическому выражению (3.51.1). Ряд таких уравнений графически представлен на рис. 3.52, который показывает как приведенное избыточное давление, т. е. давление в любой момент времени, отнесенное к максимальному избыточному давлению, изменяется в зависимости от приведенного времени, т. е. времени, отнесенного к продолжительности фазы сжатия.

3.53. Изменение небольшого по величине максимального скоростного напора в зависимости от времени в данной точке за фронтом ударной волны с достаточной точностью может быть представлено эмпирическим выражением, подобным (3.51.1). Так,

$$q(t) = q\left(1 - \frac{t}{t_+}\right)^2 e^{-2t/t_+},$$

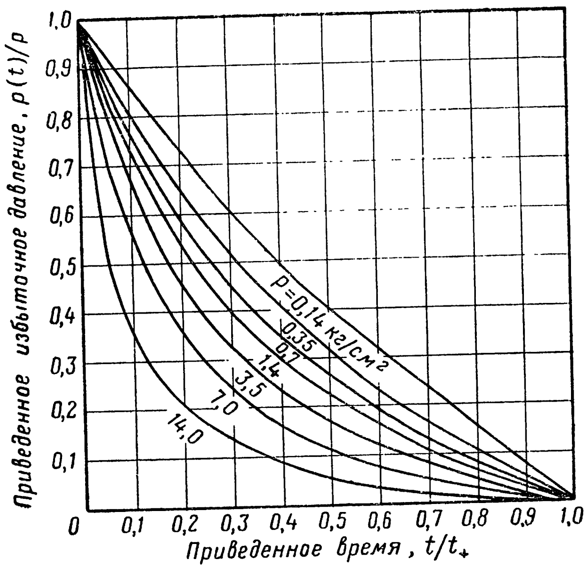


Рис. 3.52. Зависимость степени ослабления давления от времени для различных величин максимального избыточного давления

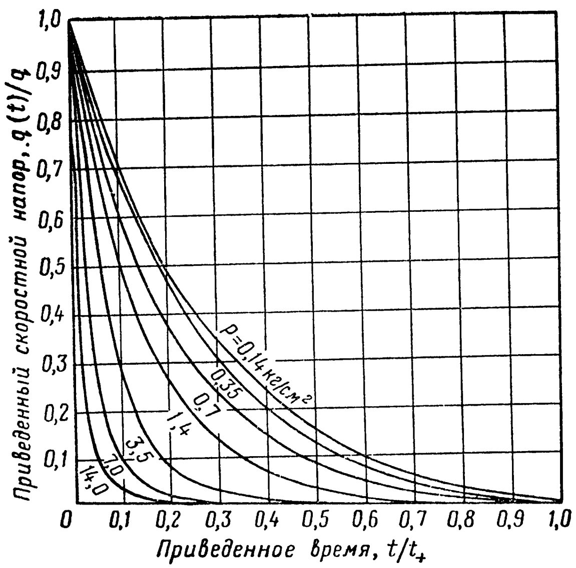


Рис. 3.53. Зависимость степени ослабления скоростного напора от времени для различных величин максимального избыточного давления

где $q(t)$ — скоростной напор в любое время t после прихода фронта ударной волны в данную точку;

q — максимальный скоростной напор.

Однако так же, как и в случае с избыточным давлением, скорость затухания приведенного скоростного напора зависит от избыточного давления.

Это показано кривыми на рис. 3.53. Показатели времени на этом рисунке приведены соответственно продолжительности действия фазы сжатия скоростного напора, которая несколько больше аналогичной фазы избыточного давления (п. 3.16 и 3.69).

3.54. Другим важным параметром, определяющим степень разрушения, является импульс, который учитывает продолжительность действия фазы сжатия и изменение избыточного давления в течение этого времени. Величина импульса может быть определена как суммарная площадь под кривой изменения избыточного давления во времени для данной точки, показанной на рис. 3.52. Следовательно, удельный импульс избыточного давления фазы сжатия I (на единицу площади) может быть математически представлен как

$$I = \int_0^{t_+} p(t)\,dt,$$

где $p(t)$ может быть представлено аналитически при помощи выражения (3.51.1). Импульс скоростного напора может быть определен с помощью аналогичного выражения, в котором $p(t)$ заменяется $q(t)$.

Закон подобия

3.55. Для вычисления параметров ударной волны, образующейся при ядерном взрыве любой заданной мощности, если известны соответствующие параметры взрыва другой мощности, используется закон подобия. При помощи этого закона в простой форме можно выразить данные для большого диапазона мощностей. Одним из способов, который будет рассмотрен ниже, является построение кривых, показывающих, как изменяются различные параметры ударной волны у поверхности с увеличением расстояния от центра взрыва при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну. С помощью закона подобия можно легко определить параметры ударной волны для взрыва любой мощности, произведенного на определенной высоте.

3.56. Теоретически расстояние от центра взрыва, на котором образуется данное давление, пропорционально кубическому корню из мощности взрыва. Испытания показали, что подобная зависимость между расстоянием и мощностью взрыва является закономерностью для взрывов мощностью до мегатонного диапазона включительно. Таким образом, закон кубического корня может

быть с уверенностью применен для широкого диапазона мощностей ядерных взрывов. Согласно этому закону, если D_1 — расстояние от эталонного взрыва мощностью в W_1 килотонн, на котором избыточное давление или скоростной напор имеют определенную величину, то при взрыве мощностью в W килотонн соответствующие величины избыточного давления и скоростного напора будут иметь место на расстоянии D, что определяется из выражения

$$\frac{D}{D_1}=\left(\frac{W}{W_1}\right)^{1/3}. \qquad (3.56.1)$$

Как указывалось выше, в качестве эталонного взрыва взят взрыв мощностью в 1 килотонну, при котором W_1 равняется 1. Из уравнения (3.56.1) следует

$$D=D_1\cdot W^{1/3}, \qquad (3.56.2)$$

где D_1 — расстояние от центра взрыва мощностью в 1 килотонну. Следовательно, если расстояние D известно, то можно вычислить мощность взрыва W, необходимую для того, чтобы образовалось определенное избыточное давление. Или, наоборот, если мощность взрыва W известна, то из уравнения (3.56.2) можно вычислить соответствующее расстояние.

3.57. При сравнении воздушных взрывов различной мощности целесообразно ввести приведенную высоту взрыва, определяемую соотношением

$$\text{приведенная высота взрыва}=\frac{\text{действительная высота взрыва}}{W^{1/3}}.$$

Таким образом, легко можно видеть, что для взрывов различной мощности, имеющих одну и ту же приведенную высоту, закон кубического корня может применяться как для определения расстояний от эпицентра, так и расстояний от центра взрыва. Так, например, если d_1 — расстояние от эпицентра, на котором при взрыве мощностью в 1 килотонну создается определенное избыточное или динамическое давление, то при взрыве мощностью W килотонн это же давление будет наблюдаться на расстоянии от эпицентра, определяемом выражением

$$d=d_1\cdot W^{1/3}. \qquad (3.57.1)$$

Это выражение может применяться при вычислениях, указанных выше. Однако необходимо учитывать, что расстояние в данном выражении измеряется от эпицентра, а не от центра взрыва.

3.58. Закон подобия может быть также применен ко времени прихода фронта ударной волны в данную точку, продолжительности фазы сжатия и величине импульса. Соотношения этих величин могут быть выражены в следующей форме:

$$\frac{t}{t_1}=\frac{d}{d_1}=\left(\frac{W}{W_1}\right)^{1/3} \text{ и } \frac{I}{I_1}=\frac{d}{d_1}=\left(\frac{W}{W_1}\right)^{1/3},$$

где t_1 — время прихода ударной волны в данную точку или продолжительность фазы сжатия;
I_1 — импульс избыточного давления в фазе сжатия, относящийся к взрыву эталонной мощности W_1;
t и I — время и импульс, относящиеся к любому взрыву мощностью W;
d_1 и d — расстояния от эпицентра взрыва.

Если $W_1 = 1$ килотонне, то различные величины будут связаны между собой следующим образом:

$$t=t_1\cdot W^{1/3} \text{ на расстоянии } d=d_1\cdot W^{1/3}$$

и

$$I=I_1\cdot W^{1/3} \text{ на расстоянии } d=d_1\cdot W^{1/3}.$$

Примеры использования вышеприведенных выражений будут даны ниже.

Поправки, учитывающие влияние высоты

3.59. Представленные в п. 3.49 выражения для характеристик ударной волны применимы исключительно для однородной атмосферы параметрами по МСА. Для взрывов, производимых на высоте до 1500 м, это условие действительно и приведенные выше уравнения закона подобия могут использоваться. Если же необходимо определить параметры ударной волны на высотах, где условия окружающей атмосферы отличаются от атмосферных условий на уровне моря, необходимо использовать поправочный коэффициент, указанный в п. 3.41.

3.60. Ниже даны общие выражения, учитывающие влияние начальной температуры и плотности атмосферы на параметры ударной волны. Для избыточного давления

$$p=p_1\cdot\frac{p_H}{p_0},$$

где p — избыточное давление на заданной высоте;
p_1 — избыточное давление на уровне моря;
p_0 — атмосферное давление по МСА на уровне моря;
p_H — атмосферное давление на заданной высоте H.

Вычисленное с учетом поправки расстояние для нового избыточного давления составит

$$d=d_1 W^{1/3}\left(\frac{p_0}{p_H}\right)^{1/3},$$

а время прихода ударной волны или продолжительность фазы сжатия на приведенном расстоянии будет определяться выражением

$$t=t_1\cdot W^{1/3}\left(\frac{p_0}{p_H}\right)^{1/3}\left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/2}.$$

Для импульса на высоте соответствующим выражением будет

$$I = I_1 \cdot W^{1/3} \left(\frac{p_H}{p_0}\right)^{2/3} \left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/2}.$$

Необходимо отметить, что приведенные выше выражения применимы только в тех случаях, когда разница в высоте нахождения точки наблюдения (или цели) и точки взрыва незначительна. Если же эта разница велика, то картина резко меняется, как об этом говорилось в п. 3.42.

3.61. Можно заметить, что когда $T = T_0$ и $p = p_0$, эти выражения становятся идентичными соответствующим выражениям, указанным в п. 3.57 и 3.58 для строго однородных условий. Как правило, величины параметров ударной волны эталонного взрыва (подобно приводимым ниже) даются для стандартных условий атмосферы на уровне моря, где p_0 равно 1,03 кг/см^2 и температура равна 15° С или T_0 = 288° К. Как уже указывалось выше, для взрывов на высоте до 1500 м над уровнем моря эти поправки будут иметь небольшую величину.

3.62. Для указанной выше высоты закон подобия может применяться только при условии, что часть энергии взрыва, идущая на образование ударной волны, примерно такая же, как в условиях, существующих на уровне моря. При взрывах на высотах более 30 000 м эта часть энергии будет меньше (п. 2.119). Механизм образования ударной волны на этих высотах также, по-видимому, изменяется, и закон подобия применять нельзя. В общем, разрушающее действие ударной волны на поверхности земли зависит от мощности взрыва и его высоты. Оба эти фактора влияют на количество энергии, проявляющейся в виде ударной волны, и на ее последующее распространение в неоднородной атмосфере. При взрыве мощностью в 1 мегатонну на высоте 48 км над поверхностью земли максимальное избыточное давление на поверхности земли будет меньше 0,007 кг/см^2, в то время как при взрыве на высоте 1,6 км на расстоянии 48 км от места взрыва избыточное давление будет 0,28 кг/см^2.

Стандартные кривые и вычисление параметров ударной волны

3.63. Для того чтобы оценить степень разрушений, которые можно ожидать на определенном расстоянии от центра взрыва, необходимо определить параметры ударной волны, изменяющиеся в зависимости от времени и расстояния. Поэтому в дополнение к уже приведенному выше общему анализу здесь даются типовые кривые различных параметров ударной волны для различных высот ядерного взрыва. Эти кривые показывают изменение максимального избыточного давления, скоростного напора, времени прихода волны в заданную точку и продолжительности фазы сжатия в зависимости от расстояния от эпицентра для различных высот ядерного взрыва над почти идеальной поверхностью. Подобные кривые могут быть построены также и для других параметров ударной волны, однако кривые, представленные здесь, считаются наиболее нужными. Они используются при расчетах, касающихся городов, а также большого круга других условий.

3.64. По приводимым ниже кривым можно установить величины параметров ударной волны у поверхности земли и использовать полученные данные для определения нагрузок на ту или иную цель и оценить устойчивость последней к действию этих нагрузок.

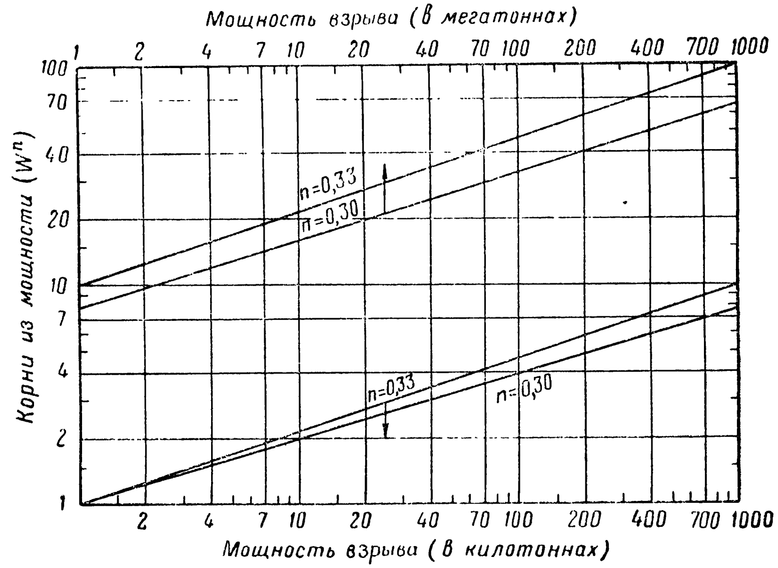


Рис. 3.65. Значения $W^{0,33}$ ($W^{1/3}$) и $W^{0,3}$

Необходимо отметить, что эти данные характеризуют поведение ударной волны при почти идеальных условиях над плоской поверхностью на уровне моря. Отсюда величины максимального избыточного давления и скоростного напора можно рассматривать как основные данные, используемые при определении разрушающего действия ударной волны в различных условиях путем использования методов, которые будут изложены в главе 4.

3.65 Типовые кривые построены для параметров ударной волны взрыва мощностью в 1 килотонну. Примеры, показывающие использование этих кривых, даются последовательно по тексту к каждому рисунку. Для упрощения вычислений на рис. 3.65 приведен график, дающий значение кубического корня (n = 0,33), необходимого при применении закона подобия.

3.66. Изменения максимального избыточного давления и скоростного напора в зависимости от расстояния от эпицентра при

контактном (наземном) ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну для однородной атмосферы с параметрами по МСА на уровне моря представлены на рис. 3.66 сплошными кривыми. Примерный

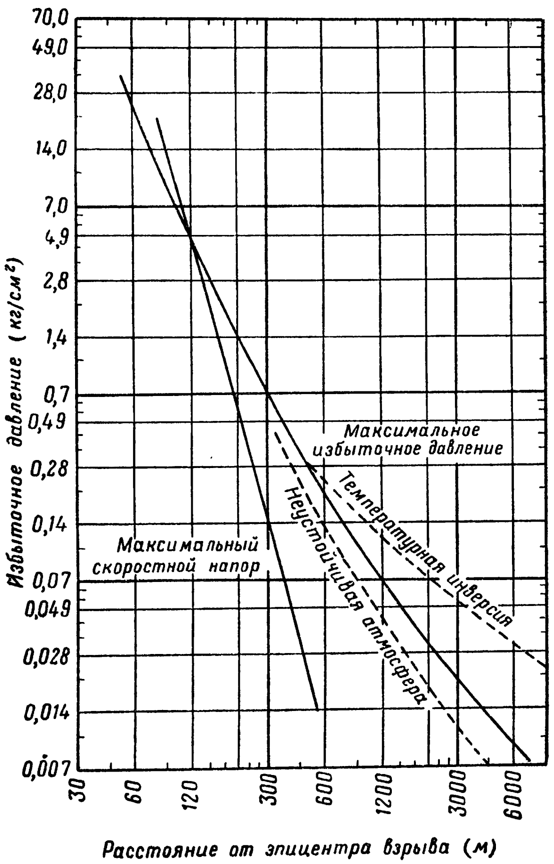


Рис. 3.66. Максимальное избыточное давление и максимальный скоростной напор при наземном (надводном) ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну

диапазон величин максимального избыточного давления при различных атмосферных условиях показан на рисунке пунктирными кривыми. При наличии температурной инверсии, т. е. если температура воздуха возрастает с увеличением высоты от поверхности земли, величины давления будут выше средней. При отсутствии температурной инверсии эти величины будут меньше средней.

Кривые на рис. 3.66 показывают изменение избыточного давления и скоростного напора в зависимости от расстояния при на-

земном ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну в атмосферных условиях на уровне моря.

Закон подобия. Для взрывов с тротиловым эквивалентом иным, нежели 1 килотонна, расстояние, на котором наблюдается максимальное избыточное давление и скоростной напор, по закону подобия определяется из соотношения

$$d = d_1 \cdot W^{1/3},$$

где для данной величины максимального избыточного давления и скоростного напора d_1 является расстоянием от центра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, а d — расстоянием от центра взрыва мощностью W килотонн.

Пример.

Дано. Мощность наземного ядерного взрыва 1 мегатонна.

Найти. Расстояние, на котором будет наблюдаться избыточное давление в 0,14 кг/см².

Решение. Из рис. 3.65 находим, что корень кубический из 1000 равен 10. Из рис. 3.66 устанавливаем, что при наземном взрыве мощностью в 1 килотонну максимальное избыточное давление в 0,14 кг/см² будет наблюдаться на расстоянии 750 м. Поэтому для взрыва мощностью в 1 мегатонну

$$d = d_1 \cdot W^{1/3} = 750 \cdot 10 = 7500 \text{ м}.$$

Кривые на рис. 3.67а показывают изменение на поверхности земли максимального избыточного давления в диапазоне высоких давлений в зависимости от расстояния от эпицентра и высоты взрыва при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну в однородной атмосфере с параметрами по МСА на уровне моря. Пунктирная линия отделяет зону регулярного отражения от района нерегулярного отражения и показывает, где образуется тройная точка (п. 3.20). Считается, что эти данные соответствуют почти идеальным условиям местонахождения цели. Влияние поверхности рассматривается в п. 3.13, 3.14 и 3.72.

Закон подобия. Высота взрыва и расстояние от эпицентра, на котором наблюдается данное максимальное избыточное давление, определяются из соотношения

$$\frac{d}{d_1} = \frac{h}{h_1} = W^{1/3},$$

где для данной величины максимального избыточного давления d_1 и h_1 являются соответственно расстоянием от эпицентра и высотой ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, а d и h представляют собой соответствующее расстояние от эпицентра и высоту взрыва мощностью в W килотонн.

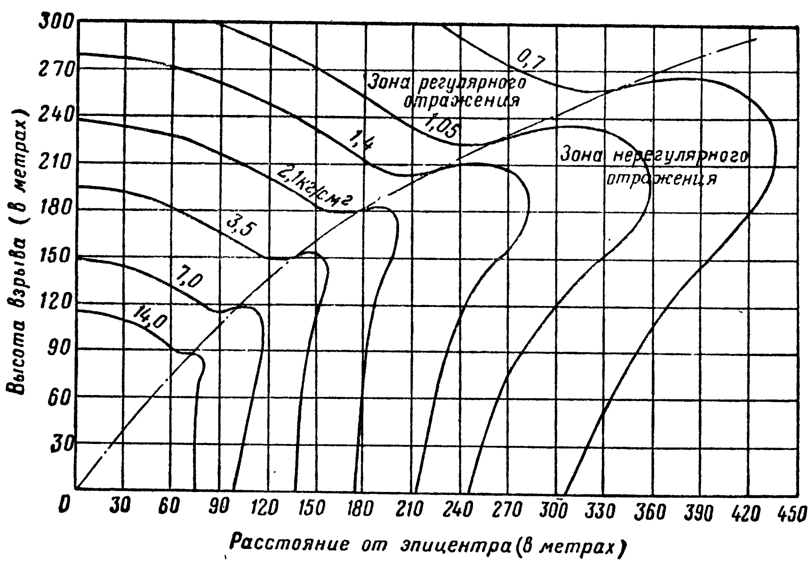


Рис. 3.67а. Максимальное избыточное давление на поверхности земли при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну (диапазон больших величин давления)

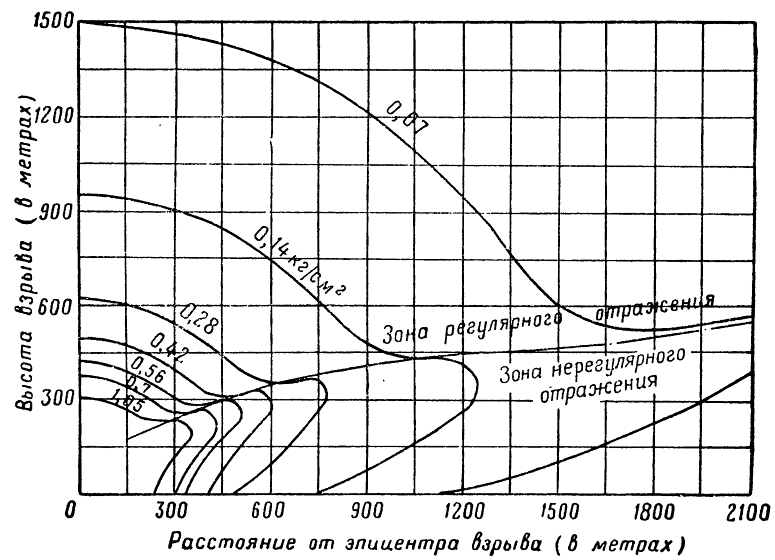


Рис. 3.67б. Максимальное избыточное давление на поверхности земли при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну (диапазон малых величин давления)

Пример.

Дано. Взрыв мощностью 80 килотонн на высоте 774 м.

Найти. Расстояние, на котором будет наблюдаться максимальное избыточное давление в 3,5 кг/см².

Решение. Высота взрыва мощностью в 1 килотонну равняется

$$h_1 = \frac{h}{W^{1/3}} = \frac{774}{(80)^{1/3}} = 180 \text{ м.}$$

Из рис. 3.67а видно, что избыточное давление 3,5 кг/см² при взрыве мощностью в 1 килотонну на высоте 180 м будет действовать на расстоянии 64,5 м. Соответствующее расстояние для взрыва мощностью в 80 килотонн равняется

$$d = d_1 W^{1/3} = 64{,}5 \cdot 4{,}305 = 277{,}5 \text{ м.}$$

Кривые на рис. 3.67б показывают изменение максимального избыточного давления на поверхности земли в диапазоне низкого давления в зависимости от расстояния от эпицентра и высоты взрыва мощностью в 1 килотонну для однородной атмосферы с параметрами по МСА на уровне моря. Пунктирная линия разделяет зону регулярного отражения от зоны нерегулярного отражения и показывает район образования тройной точки (п. 3.20). Считается, что данные соответствуют почти идеальным условиям местонахождения цели. Влияние поверхности рассматривается в п. 3.43, 3.44 и 3.72.

Закон подобия. Высота взрыва и расстояние от эпицентра, на котором действует данное максимальное избыточное давление, определяются из соотношения

$$\frac{d}{d_1} = \frac{h}{h_1} = W^{1/3},$$

где для данного максимального избыточного давления d_1 и h_1 являются соответственно расстоянием от эпицентра и высотой взрыва мощностью в 1 килотонну, а d и h — соответственно расстоянием и высотой взрыва мощностью в W килотонн.

Пример.

Дано. Взрыв мощностью в 80 килотонн на высоте 774 м.

Найти. Расстояние, на котором будет наблюдаться максимальное избыточное давление в 0,28 кг/см².

Решение. Высота ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну равняется

$$h_1 = \frac{h}{W^{1/3}} = \frac{774}{(80)^{1/3}} = 180 \text{ м.}$$

Из рис. 3.67б видно, что максимальное избыточное давление 0,28 кг/см² при взрыве мощностью в 1 килотонну на высоте 180 м действует на расстоянии 690 м. Соответствующее расстояние для взрыва в 80 килотонн равняется

$$d = d_1 \cdot W^{1/3} = 690 \cdot (80)^{1/3} = 2970 \text{ м.}$$

Кривые на рис. 3.68 показывают изменение горизонтальной составляющей максимального скоростного напора на поверхности земли как функции расстояния от эпицентра и высоты взрыва мощностью в 1 килотонну для однородной атмосферы с параметрами по МСА на уровне моря. Считается, что данные соответствуют почти идеальным условиям местонахождения цели. Влияние поверхности рассматривается в п. 3.43, 3.44 и 3.72.

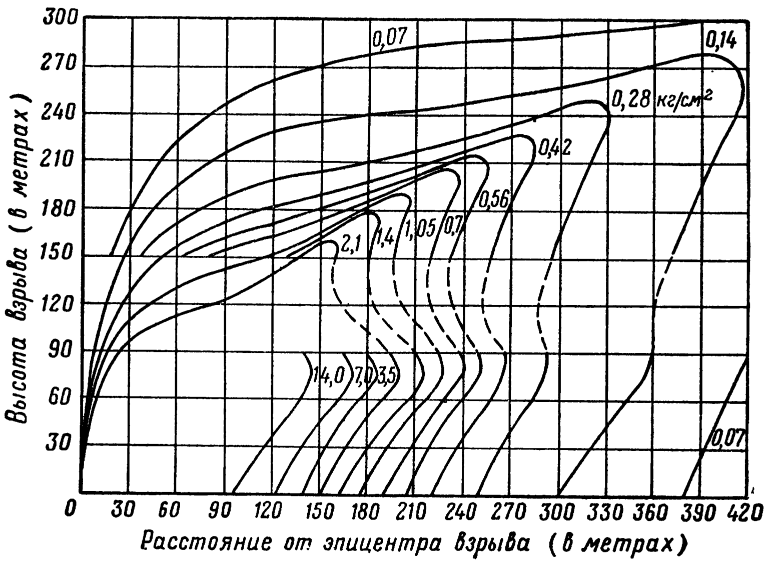


Рис. 3.68. Величина горизонтальной составляющей максимального скоростного напора при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну

Закон подобия. Высота взрыва и расстояние, на котором наблюдается данный максимальный скоростной напор, выражается соотношением

$$\frac{d}{d_1} = \frac{h}{h_1} = W^{1/3},$$

где для данного скоростного напора h_1 и d_1 являются соответственно высотой взрыва и расстоянием от эпицентра при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну, а h и d — соответственно высотой и расстоянием от эпицентра для взрыва мощностью в W килотонн.

Пример.

Дано. Взрыв мощностью в 160 килотонн на высоте 900 м.

Найти. Горизонтальную составляющую максимального скоростного напора на поверхности земли на расстоянии 1800 м.

Решение. Соответствующая высота для взрыва мощностью в 1 килотонну выражается

$$h_1 = \frac{h}{W^{1/3}} = \frac{900}{(160)^{1/3}} = \frac{900}{5,42} = 165 \text{ м}.$$

Соответствующее расстояние для взрыва мощностью в 1 килотонну равняется

$$d_1 = \frac{d}{W^{1/3}} = \frac{1800}{(160)^{1/3}} = 332 \text{ м}.$$

Из рис. 3.68 видно, что при расстоянии 332 м и высоте взрыва 165 м горизонтальная составляющая максимального скоростного напора равняется приблизительно 0,21 кг/см².

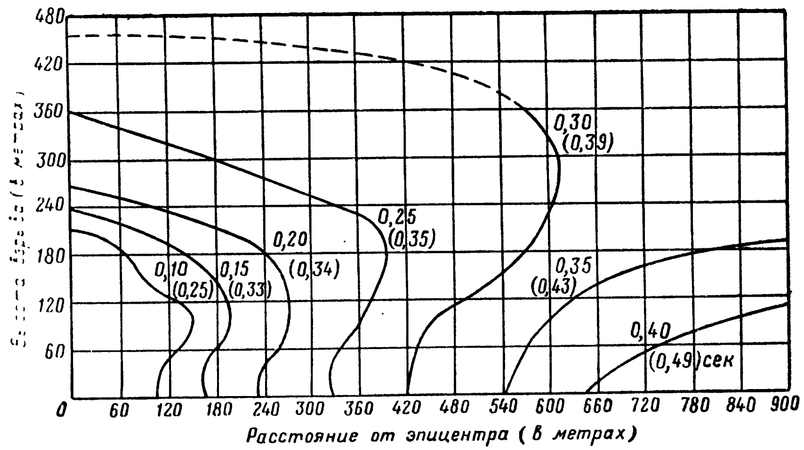


Рис. 3.69. Продолжительность фазы сжатия и скоростного напора (величина дана в скобках) на поверхности земли при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну

Кривые на рис. 3.69 показывают продолжительность фазы сжатия ударной волны и скоростного напора (в скобках) в зависимости от расстояния от эпицентра и высоты при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну для однородной атмосферы с параметрами по МСА на уровне моря. Считается, что данные соответствуют почти идеальным условиям поверхности.

Закон подобия. Необходимые соотношения

$$\frac{d}{d_1} = \frac{h}{h_1} = \frac{t}{t_1} = W^{1/3},$$

где d_1, h_1, t_1 соответственно представляют собой расстояние от эпицентра, высоту взрыва и продолжительность при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну, а d, h и t — соответственно расстояние от эпицентра, высоту взрыва и продолжительность при взрыве мощностью в W килотонн.

Пример.

Дано. Ядерный взрыв мощностью в 160 килотонн на высоте 900 м.

Найти. Продолжительность фазы сжатия на поверхности земли: а) для максимального избыточного давления и б) для скоростного напора на расстоянии 1200 м.

Решение. Соответствующая высота для взрыва мощностью в 1 килотонну равняется

$$h_1 = \frac{h}{W^{1/3}} = \frac{900}{(160)^{1/3}} = 165 \text{ м},$$

а соответствующее расстояние от эпицентра

$$d_1 = \frac{d}{W^{1/3}} = \frac{1200}{5{,}42} = 222 \text{ м}.$$

а) Из рис. 3.69 видно, что продолжительность фазы сжатия при взрыве мощностью в 1 килотонну на расстоянии 222 м от эпицентра и высоте взрыва в 165 м составляет 0,18 сек. Соответствующая продолжительность фазы сжатия при взрыве в 160 килотонн, следовательно, будет составлять

$$t = t_1 \cdot W^{1/3} = 0{,}18 \cdot (160)^{1/3} = 1{,}0 \text{ сек.}$$

б) Из рис. 3.69 видно, что продолжительность действия скоростного напора давления для взрыва мощностью в 1 килотонну на расстоянии 222 м от эпицентра и при высоте взрыва в 165 м составляет 0,34 сек. Соответствующая продолжительность действия максимального скоростного напора при взрыве в 160 килотонн поэтому будет равняться

$$t = t_1 \cdot W^{1/3} = 0{,}34 \cdot (160)^{1/3} = 1{,}8 \text{ сек.}$$

Кривые на рис. 3.70а и 3.70б показывают зависимость времени прихода ударной волны на поверхности земли от расстояния от эпицентра и высоты ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну для однородной атмосферы с параметрами по МСА на уровне моря. Считается, что кривые соответствуют почти идеальным условиям поверхности.

Закон подобия. Необходимые соотношения

$$\frac{d}{d_1} = \frac{h}{h_1} = \frac{t}{t_1} = W^{1/3},$$

где d_1, h_1, t_1 представляют собой соответственно расстояние от эпицентра, высоту взрыва и время прихода ударной волны при взрыве мощностью в 1 килотонну, а d, h, t — соответствующие величины расстояния, высоты взрыва и времени прихода ударной волны для взрыва мощностью W килотонн.

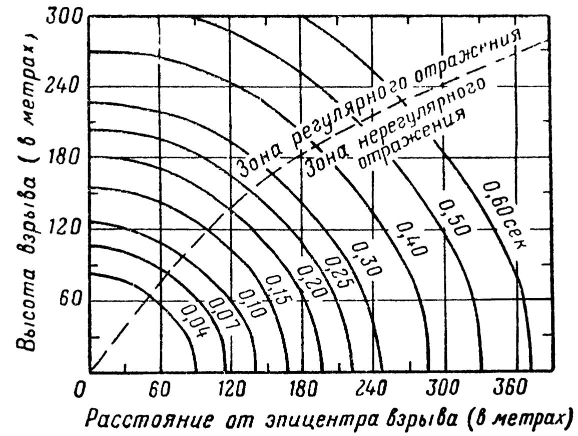


Рис. 3.70а. Время прихода фронта ударной волны при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну (начальный период)

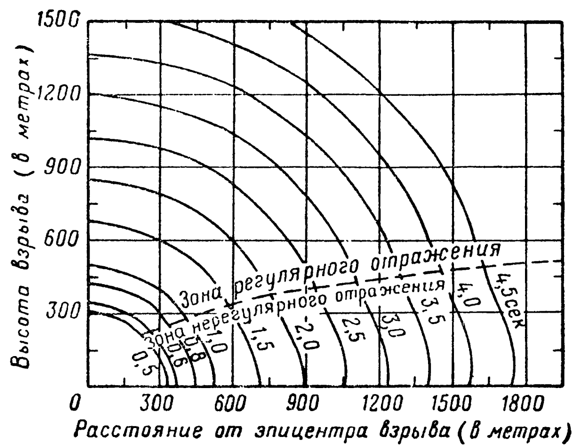


Рис. 3.70б. Время прихода фронта ударной волны при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну (поздний период)

Пример.

Дано. Ядерный взрыв мощностью в 1 мегатонну на высоте 1500 м.

Найти. Время прихода ударной волны в точку, находящуюся на расстоянии 16 км от эпицентра.

Решение. Соответствующая высота для взрыва мощностью в 1 килотонну равняется

$$h_1 = \frac{h}{W^{1/3}} = \frac{1500}{(1000)^{1/3}} = \frac{1500}{10} = 150 \text{ м.}$$

Соответствующее расстояние от эпицентра для взрыва мощностью в 1 килотонну равняется

$$d_1 = \frac{d}{W^{1/3}} = \frac{15,8}{(1000)^{1/3}} = 1,58 \text{ км.}$$

Из рис. 3.70 видно, что при высоте 150 м и расстоянии от эпицентра 1,58 км время прихода ударной волны при взрыве мощностью в 1 килотонну составляет 4,0 сек. Соответствующее время прибытия ударной волны для ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну будет

$$t = t_1 \cdot W^{1/3} = 4,0 \cdot (1000)^{1/3} = 40 \text{ сек.}$$

3.67. Кривые на рис. 3.67а (диапазон высокого давления) и рис. 3.67б (диапазон низкого давления) показывают изменение максимального избыточного давления при воздушном взрыве мощностью в 1 килотонну в зависимости от расстояния от эпицентра и высоты взрыва. Наличие ярко выраженного «колена» в кривых в зоне нерегулярного отражения означает, что для любого избыточного давления имеется оптимальная высота взрыва, при которой дальность распространения этого избыточного давления от эпицентра будет максимальной. Соответствующие данные для взрыва любой другой мощности могут быть получены путем применения закона подобия. Следует отметить, что расстояния на поверхности земли для определенных уровней избыточного давления на рис. 3.66 могут быть взяты из рис. 3.67а и 3.67б, если высоту взрыва принять за нуль. Подобные кривые могут быть получены для любой высоты взрыва путем проведения горизонтальной линии поперек рисунка на нужной высоте взрыва и вычисления расстояния по поверхности земли для определенных значений параметров ударной волны.

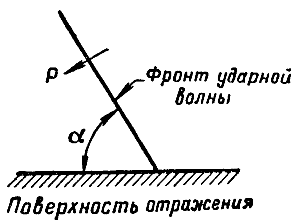


Рис. 3.71а. Угол падения (α) ударной волны с поверхностью отражения

3.68. Кривые на рис. 3.68 показывают изменение горизонтальной составляющей максимального скоростного напора вдоль поверхности земли в зависимости от расстояния от эпицентра

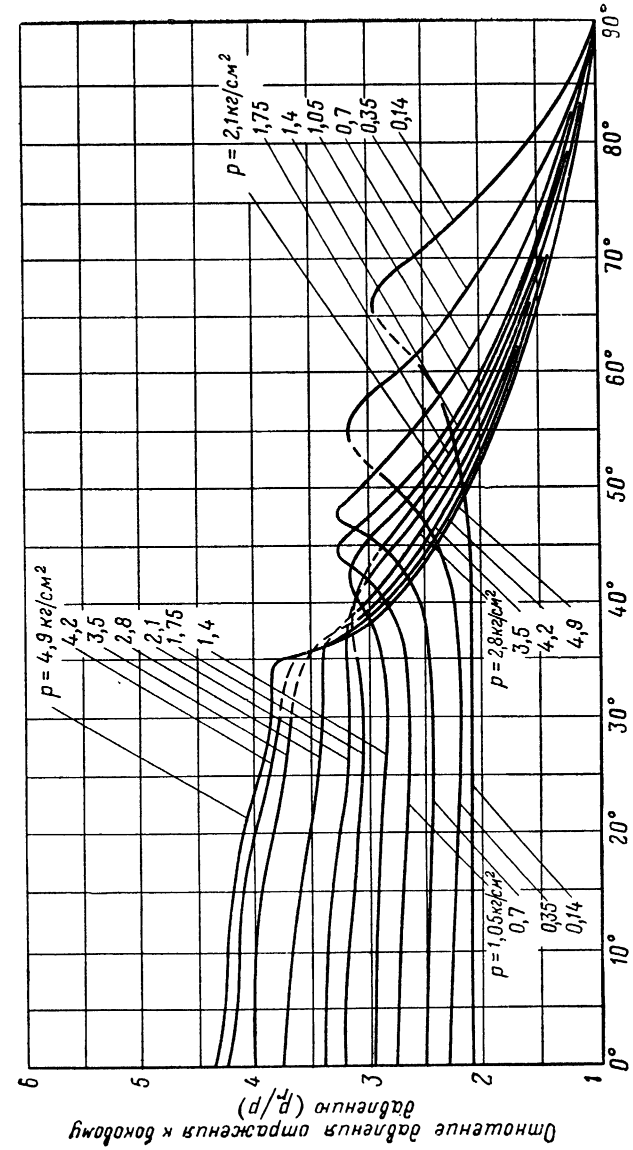


Рис. 3.71б. Зависимость давления отражения от угла падения ударной волны для различных величин бокового давления

и высоты ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну для однородной атмосферы по МСА на уровне моря и над почти идеальной поверхностью. Принимая высоту взрыва за нуль, можно получить данные рис. 3.66 о максимальном скоростном напоре при наземном взрыве.

3.69. Кривые на рис. 3.69 показывают зависимость продолжительности фазы сжатия избыточного давления и скоростного напора от расстояния от эпицентра и высоты взрыва; значения продолжительности действия скоростного напора даны в скобках. Как и в других случаях, полученные данные применяются к ядерному взрыву мощностью в 1 килотонну в однородной атмосфере с параметрами по МСА на уровне моря над почти идеальной поверхностью. Как указывалось выше, продолжительность фазы сжатия скоростного напора больше продолжительности фазы сжатия избыточного давления.

3.70. Кривые на рис. 3.70а и 3.70б показывают изменение времени прихода фронта ударной волны на поверхности земли на различных расстояниях от эпицентра в зависимости от высоты ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну в однородной атмосфере с параметрами по МСА на уровне моря над почти идеальной поверхностью.

3.71. Величины максимального избыточного давления, показанные на рис. 3.66, 3.67а и 3.67б, наблюдаются на поверхности земли или около нее после того как произойдет отражение ударной волны. Эти величины максимального избыточного давления рассматриваются как величины бокового избыточного давления, используемые для определения нагрузок на сооружения и устойчивости последних. Однако возможно дальнейшее отражение ударной волны, когда она достигает фасада сооружения. Сила давления отражения $p_{r(\alpha)}$ зависит от бокового давления p и угла α, образуемого между фронтом ударной волны и поверхностью, подвергающейся удару (рис. 3.71а). Значения отношения $p_{r(\alpha)}/p$ как функции угла падения для различных величин бокового давления даны на рис. 3.71б. Как видно, если угол падения равен нулю $\alpha = 0$, то отношение $p_{r(\alpha)}/p$ равняется примерно 2 при низких величинах избыточного давления и с увеличением последнего увеличивается (п. 3.50). Кривые на рис. 3.71б, в частности, применимы для зоны нерегулярного отражения, где в основном вертикально движущийся фронт ударной волны, распространяясь радиально, воздействует на такую отражающую поверхность, как, например, фасад сооружения (рис. 4.08).

На рис. 3.71б показана зависимость отношения отраженного избыточного давления $p_{r(\alpha)}$ к начальному избыточному давлению p от величины угла падения фронта ударной волны. Данные применимы к фронту ударной волны, воздействующему на отражающую поверхность типа стены сооружения.

$p_{r(\alpha)}$ — отраженное избыточное давление ударной волны для данного угла падения (кг/см²);

p — начальное максимальное избыточное давление в падающей волне (кг/см²);

α — угол, образуемый фронтом падающей ударной волны и отражающей поверхностью (в градусах).

Пример.

Дано. Ударная волна с начальным максимальным избыточным давлением в 2,1 кг/см² падает на поверхность под углом 35°.

Найти. Избыточное давление отраженной волны.

Решение. Из рис. 3.71б видно, что отношение отраженного избыточного давления к начальному избыточному давлению $p_{r(\alpha)}/p$ при $p = 2{,}1$ кг/см² и угле падения 35° равняется 3,2. Отсюда

$$p_{r(35^\circ)} = 3{,}2p = 3{,}2 \cdot 2{,}1 = 6{,}72 \text{ кг/см}^2.$$

Предвестник (вспомогательная волна)

3.72. Вышеизложенные данные относились к действию ударной волны в идеальных или почти идеальных условиях, при которых могут быть применены уравнения Ренкина — Гюгонио. Однако при определенных обстоятельствах характер поверхности может оказаться далеко не идеальным. При ядерном взрыве над такой теплопоглощающей поверхностью, как пустыня, кораллы или асфальт, в результате интенсивного светового излучения у поверхности создается теплый слой воздуха, обычно называемый тепловым слоем. Тепловой слой, часто включающий в себя дым, пыль и массу других мелких частиц, образуется до прихода ударной волны, и взаимодействие последней с нагретым слоем может в значительной степени повлиять на процесс отражения. При соответствующем сочетании мощности ядерного взрыва небольшой высоты, на которой происходит взрыв, и теплопоглощающих поверхностей создается вспомогательная ударная волна, называемая предвестником. На ограниченном расстоянии эта волна двигается перед основной падающей волной. В районе действия предвестника обычные характеристики ударной волны могут претерпевать большие изменения. В частности, давление во фронте ударной волны нарастает постепенно, причем максимальное избыточное давление достигает меньшей, нежели в идеальных условиях распространения волны, величины, а затухание давления с расстоянием происходит иначе. Более того, обычные для фронта ударной волны отношения Ренкина — Гюгонио здесь уже неприменимы. В силу сказанного зона действия вспомогательной волны считается не идеальной.

3.73. Необходимо отметить, что над поверхностями, лишенными пыли и отражающими тепло, такими, как бетон, лед, снег или вода, образования предвестника (вспомогательной волны)

ожидать не следует. Более того, при наземных взрывах или взрывах на большой высоте независимо от мощности этих взрывов и типа поверхности тепловое воздействие на ударную волну очень незначительно. Поэтому можно предположить, что во многих случаях, особенно в городских районах, будут преобладать почти идеальные условия распространения ударной волны.

3.74. По этой причине кривые высоты взрыва для различных параметров ударной волны применимы при наличии почти идеальных условий. Однако следует заметить, что полученные эмпирическим путем во время испытаний на полигоне в штате Невада данные о зоне действия вспомогательной волны при взрывах на небольших высотах показывают, какие особенности имеет ударная волна и какие разрушения она может принести в условиях, отличающихся от идеальных. В таких случаях величины максимального избыточного и динамического давлений не поддаются вычислению с помощью уравнений (3.49.1). Избыточное давление, по существу, приобретает необычную форму, и его нарастание до максимального идет медленнее, нежели при идеальных условиях. Как следствие, максимальная величина отраженного давления на поверхность объекта, подвергающегося воздействию ударной волны, может превысить максимальную величину давления в падающей волне не более чем в два раза, в то время как при идеальных условиях распространения ударной волны теоретически возможно, что величина отраженного давления будет превышать величину давления падающей волны в большее число раз (уравнение 3.50.2). Подобным же образом скоростной напор будет носить необычный характер; однако по причинам, изложенным в п. 3.44, максимальная величина скоростного напора может быть в несколько раз больше величины, исчисляемой при помощи уравнения Ренкина — Гюгонио в зависимости от величины максимального избыточного давления. Таким образом, повреждение сооружений и их смещение под воздействием скоростного напора в зоне действия предвестника (вспомогательной волны) для данной величины максимального избыточного давления могут быть значительно большими, нежели при условиях, приближенных к идеальным.

ГЛАВА 4

НАГРУЗКИ ОТ ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ И РЕАКЦИЯ СООРУЖЕНИЙ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ С СООРУЖЕНИЯМИ

Введение

4.01. В предыдущей главе были рассмотрены явления, связанные с действием воздушной ударной волны. В настоящей главе на основе уже рассмотренных данных основное внимание уделяется взаимодействию воздушной ударной волны с сооружениями, а также факторам, оказывающим влияние на ответную реакцию этих сооружений на воздействие ударной волны. Приводятся также характеристики разрушений (повреждений) различных типов сооружений, и рассматривается зависимость между степенью разрушений (повреждений) и расстоянием от эпицентра ядерного взрыва различной мощности, на котором эти разрушения (повреждения) происходят. Кроме того, в главе предлагаются некоторые методы количественного расчета нагрузок на сооружения и определения их продолжительности.

4.02. Общие выводы относительно ожидаемого действия ядерных взрывов на различные сооружения излагаются в виде номограмм (см. рис. 4.58а и 4.58б). Данные, указанные в этих номограммах, получены на основе сопоставления теоретических расчетов с результатами лабораторных исследований и действительных ядерных взрывов, осуществленных как в Японии, так и во время различных испытаний ядерного оружия. Однако ввиду разнообразия комплексов сооружений, особенно городских, не представляется возможным точно предсказать характер действия ударной волны на эти сооружения. Даже если такое предсказание уже сделано, невозможно ручаться за его точность в условиях любой заданной обстановки. Тем не менее, оценивая соответствующим образом имеющиеся данные, вполне возможно использовать их для практических целей. Приводимые в данной главе выводы наиболее применимы к усредненным условиям, которые могут встретиться на реальных комплексах сооружений.

Нагрузка от воздушной ударной волны

4.03. Поведение объекта или сооружения, подвергающегося действию ударной волны ядерного взрыва, можно рассматривать с точки зрения двух основных понятий. Во-первых, необходимо учитывать так называемую нагрузку, т. е. силу, возникающую в результате действия ударной волны. Во-вторых, необходимо иметь в виду так называемую реакцию, или деформацию, сооружения, возникающую под действием определенной нагрузки. Как правило, реакция (деформация) сооружения и его разрушение (повреждение) являются идентичными понятиями, поскольку наличие сильной остаточной деформации снижает пригодность сооружения. Повреждения могут получить также движущиеся объекты при ударе их о землю или о какой-либо другой более или менее прочно закрепленный предмет. Например, транспортные средства повреждаются главным образом при опрокидывании и ударах их о землю. Кроме того, косвенные повреждения могут быть получены объектами от летящих осколков стекла, деревянных обломков, отдельных кирпичей, кусков кирпичной кладки и других предметов, увлекаемых ударной волной. Косвенные повреждения такого рода зависят, конечно, от конкретных условий окружающей обстановки.

4.04. Прямое разрушение сооружений, вызываемое действием воздушной ударной волны, может иметь различный характер. Например, ударная волна может прогнуть элементы стального каркаса, разрушить крышу, вдавить стены внутрь, выломать панели и выбить стекла. Вообще разрушения происходят в результате определенной деформации сооружения; характер возникновения этой деформации в результате ядерного взрыва рассматривается ниже.

4.05. При воздушном взрыве падающая ударная волна в эпицентре направлена перпендикулярно поверхности земли. В зоне регулярного отражения, где ударная волна распространяется не параллельно горизонтальной оси сооружения, действующие на это сооружение силы благодаря возникающему на горизонтальных поверхностях отраженному давлению также будут иметь значительную вертикальную составляющую (до прихода отраженной волны). Следовательно, кроме горизонтальной нагрузки, как например в зоне действия головной волны (п. 3.24), вначале будет существовать также значительная сила, направленная вниз. Эта сила стремится оказать разрушающее действие в перпендикулярном к поверхности земли направлении (например, продавливание крыши), в дополнение к разрушению, вызванному действием горизонтальной нагрузки.

4.06. Приводимые в последующих разделах данные о нагрузках, создаваемых действием головной ударной волны на наземные сооружения, основаны на допущении существования идеальных условий и перпендикулярного распространения ударной волны. Для удобства рассматриваемая проблема делится несколько произвольно на две части: в первой части рассматриваются нагрузки обтекания, определяемые главным образом максимальным избыточным давлением в ударной волне; во второй части рассматриваются нагрузки торможения, отличительным свойством которых является скоростной напор. Однако необходимо помнить, что все сооружения подвергаются действию обеих нагрузок, хотя для некоторых типов сооружений одна из этих нагрузок может иметь более важное значение по сравнению с другой.

Нагрузка обтекания

4.07. Когда фронт воздушной ударной волны достигает передней стенки здания, происходит ее отражение. В результате этого избыточное давление быстро возрастает, увеличиваясь по меньшей мере в два раза (а обычно в несколько раз) по сравнению с избыточным давлением во фронте падающей ударной волны. При этом достигаемая величина давления отражения определяется различными факторами, такими, как максимальное избыточное давление в падающей ударной волне и угол между направлением движения ударной волны и передней стенкой здания (п. 3.71). По мере продвижения фронта ударной волны избыточное давление в отраженной волне, действующее на переднюю стенку здания, быстро падает до величины, слагающейся из давления ударной волны до ее отражения[1] и дополнительной нагрузки торможения, возникающей в результате давления ветра (скоростного напора). В то же время ударная волна обтекает (явление дифракции волны) вокруг сооружения, так что в конце концов все сооружение охватывается ударной волной; при этом боковые стенки и крыша будут испытывать примерно одинаковое давление. Однако передняя стенка сооружения в этот момент все еще находится под действием давления ветра, в то время как задняя стенка защищена от него.

4.08. Отдельные стадии развития вышеописанного явления показаны в упрощенной форме на рис. 4.08, *а*, *б*, *в*, *г* и *д*[2]. На этих рисунках изображен план сооружения (оно не имеет оконных, дверных и других проемов), которое испытывает различные фазы действия воздушной ударной волны, движущейся в горизонтальном направлении.

На рис. 4.08, *а* показано приближение фронта ударной волны к сооружению; направление движения этого фронта перпендикулярно передней стенке сооружения. На рис. 4.08, *б* волна достигла передней стенки, создав при этом высокое избыточное давление отражения. На рис. 4.08, *в* ударная волна прошла половину боковой стороны здания, а на рис. 4.08, *г* она прошла его заднюю стен-

[1] Это давление часто называется боковым избыточным давлением, поскольку оно идентично давлению, которое испытывает боковая стенка сооружения, где не возникает заметного отражения.

[2] Более подробно это явление рассматривается в последующих разделах данной главы.

ку. По мере того как ударная волна обтекает сооружение, давление на передней его стенке несколько падает, а на боковых стенках возрастает. Наконец, когда фронт ударной волны уже прошел, как показано на рис. 4.08, *д*, все стенки и крыша сооружения испытывают примерно одинаковое давление воздуха. Однако во время действия положительной фазы ударной волны в результате влияния сил, создаваемых напором ветра, будет продолжать существовать разность давлений на переднюю и заднюю стенки сооружения. Если сооружение ориентировано под некоторым углом к направлению распространения ударной волны, то давление сразу же начнет оказывать действие на две его стороны (вместо одной), однако общая картина останется такой же, как в описанных выше случаях (рис. 4.08, *е*, *ж*, *з*, *и*).

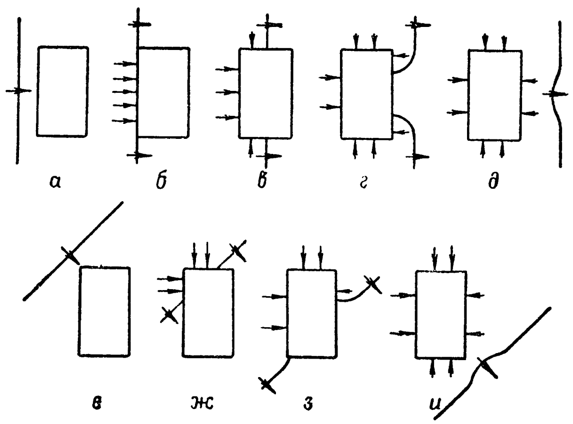


Рис. 4.08. Обтекание сооружения ударной волной

4.09. Когда ударная волна еще не полностью охватила сооружение, разность давлений на его передней и задней стенках будет максимальной. В этих условиях (а также в условиях, показанных на рис. 4.08, *б*, *в* и *г*) разность этих давлений создает горизонтально направленную силу (или силу смещения), стремящуюся сдвинуть все сооружение обычно в направлении распространения ударной волны. Эта сила называется нагрузкой обтекания, поскольку она действует в то время, когда ударная волна обтекает сооружение. Величина и характер фактического смещения будут зависеть от размера, формы и веса сооружения, а также от того, насколько прочно оно связано с основанием. При определении реакции сооружения, как об этом будет сказано ниже, большое значение имеют и другие характеристики сооружения.

4.10. Когда ударная волна полностью охватывает сооружение (рис. 4.08, *д* или 4.08, *и*), разность давлений на передней и задней его стенках оказывается незначительной и нагрузка на здание определяется почти целиком за счет давления торможения[1], которое испытывает передняя стенка сооружения. Фактическое давление на все стенки сооружения превышает давление окружающей атмосферы, и, хотя оно постепенно падает, эта разность давлений сохраняется до тех пор, пока не окончится положительная фаза действия ударной волны. Следовательно, нагрузка обтекания, которую испытывает сооружение, не имеющее проемов, по существу, заменяется давлением, направленным внутрь сооружения, т. е. нагрузкой всестороннего сжатия, дополняющего скоростной напор. В сооружении, не имеющем проемов, действие этой нагрузки прекратится только тогда, когда избыточное давление упадет до нуля.

4.11. Степень разрушения сооружения в фазе обтекания его ударной волной будет определяться величиной нагрузки и продолжительностью ее действия. Величина нагрузки зависит от максимального избыточного давления во фронте ударной волны, которое, следовательно, является важным фактором. Если рассматриваемое сооружение не имеет проемов, как это условно принято выше, то продолжительность действия нагрузки обтекания будет приблизительно равна времени, необходимому для прохождения фронтом ударной волны расстояния от передней до задней стенки сооружения, хотя нагрузка, создаваемая скоростным напором, будет продолжаться в течение большего промежутка времени. Таким образом на длительность действия нагрузки обтекания будут оказывать влияние размеры сооружения. Для сооружений длиной около 23 м продолжительность действия нагрузки обтекания составляет около 0,1 секунды, а нагрузки, создаваемые скоростным напором, будут продолжаться в течение большего периода времени. Для узких сооружений, например телеграфных и различных городских столбов, а также дымовых труб, время обтекания настолько мало, что соответствующая нагрузка оказывается ничтожной.

4.12. Если здание, подвергающееся действию ударной волны, имеет проемы или если его окна, панели, легкая наружная обшивка и двери очень легко разрушаются, то происходит быстрое выравнивание давления внутри и снаружи сооружения. Это приводит к уменьшению разницы в давлении во время фазы обтекания. В результате этого нагрузка обтекания, действующая на такое сооружение, будет в целом уменьшена, хотя нагрузка на внутренние стены и перегородки сооружения будет больше, чем для здания, совершенно не имеющего проемов или с небольшим их количеством. Кроме того, если здание имеет много проемов, то после окончания фазы обтекания ударной волны не возникает последующее действие всестороннего сжатия, которое образуется за счет наружного давления, превышающего давление внутри здания.

[1] Величина давления торможения равна произведению величины скоростного напора на коэффициент торможения (п. 4.69).

Нагрузка торможения

4.13. В течение всей фазы сжатия ударной волны (и в течение незначительного промежутка времени после этого) сооружение будет испытывать нагрузку скоростного напора (нагрузку торможения), возникающего вследствие движения массы воздуха позади фронта ударной волны. При отсутствии идеальных (указанных выше) условий нагрузка, создаваемая скоростным напором, может существовать до возникновения максимальной нагрузки за счет избыточного давления (нагрузки обтекания). Подобно нагрузке обтекания, нагрузка торможения, особенно в зоне действия головной ударной волны, представляет собой сдвигающую силу, приложенную к сооружению или другому объекту, подвергающемуся действию ударной волны.

4.14. Сила воздействия скоростного напора на переднюю стенку здания, за исключением случаев, когда ударная волна является очень мощной, гораздо меньше максимального избыточного давления, возникающего при отражении ударной волны (таблица 3.11). Однако нагрузка торможения на сооружение по сравнению с нагрузкой обтекания может длиться в течение относительно большего промежутка времени. В п. 3.15 указывалось, что продолжительность положительной фазы действия ударной волны при ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну на расстоянии 1,6 км от эпицентра взрыва составляет около 2 секунд. С другой стороны, нагрузка обтекания даже для массивных сооружений, как указывалось выше, действует только в течение малой доли секунды.

4.15. Именно продолжительность действия нагрузки торможения на сооружение существенно отличает ядерный взрыв от взрыва обычного взрывчатого вещества. При одном и том же максимальном избыточном давлении в ударной волне ядерный взрыв будет более разрушительным, чем взрыв обычной фугасной бомбы, особенно для зданий, чувствительных к действию нагрузок торможения. Это объясняется тем, что при взрыве обычной бомбы длительность действия ударной волны значительно меньше и измеряется несколькими сотыми долями секунды. При ядерном же взрыве вследствие увеличения продолжительности положительной фазы действия ударной волны последняя вызывает больше разрушений, чем можно было бы ожидать, если исходить только из величины максимального избыточного давления.

Характеристики сооружений и нагрузки, создаваемые воздушной ударной волной

4.16. При количественном или качественном анализе ответной реакции сооружения на нагрузку ударной волны (количественно — путем использования математических расчетов, качественно — подобно тому, как это сделано в данной главе) удобно разделить все сооружения на две категории: на сооружения, чувствительные к нагрузкам обтекания, и на сооружения, чувствительные к нагрузкам торможения. Однако следует подчеркнуть, что такое разделение вводится лишь для того, чтобы упростить рассмотрение реальных условий взаимодействия ударной волны с сооружением. Хотя и справедливо, что некоторые сооружения реагируют главным образом на нагрузки обтекания, а другие преимущественно на нагрузки торможения, в действительности же все здания будут реагировать на нагрузки обоих видов. Относительная роль каждого вида нагрузки в нанесении повреждений зданию будет зависеть от типа сооружения, а также от параметров ударной волны. Это следует иметь в виду при последующем рассмотрении данной проблемы.

4.17. Большие здания, имеющие сравнительно небольшие оконные и дверные проемы и довольно прочные наружные стены, реагируют главным образом на нагрузки обтекания. Это объясняется тем, что для полного охвата здания ударной волной требуется значительное время, в течение которого существует перепад давлений на переднюю и заднюю стенки здания. Примером сооружений, которые реагируют преимущественно на нагрузки обтекания, являются многоэтажные железобетонные здания, имеющие небольшую площадь оконных проемов, большие здания с несущими стенами, как, например, многоквартирные дома, и жилые дома с деревянными каркасами.

4.18. Так как даже для больших сооружений продолжительность действия нагрузки обтекания будет составлять какую-то долю периода действия ударной волны, то длительность последней не будет иметь какого-либо существенного влияния на разрушения. Другими словами, ударная волна большой продолжительности не будет оказывать значительного влияния на величину результирующей нагрузки (или на степень повреждения) в процессе обтекания сооружения. Поэтому сооружения, реагирующие на нагрузки обтекания, чувствительны главным образом к максимальному избыточному давлению ударной волны, действию которого они подвергаются. Нагрузка обтекания определяется главным образом величиной отраженного избыточного давления на сооружение, которое может в несколько раз превышать избыточное давление в падающей ударной волне (рис. 3.71б).

4.19. Когда давление на различные части сооружения (или его элементы) быстро выравнивается либо из-за небольших размеров сооружения, либо благодаря особенностям его конструкции, либо из-за быстрого образования многочисленных брешей в результате действия ударной волны, то нагрузка обтекания действует в течение очень короткого промежутка времени. Поэтому реакция сооружения зависит главным образом от динамического давления (или силы торможения), создаваемого ударной волной. Типичными сооружениями, чувствительными к нагрузкам торможения, являются дымовые трубы, телефонные столбы, радио- и телевизионные антенны, опоры высоковольтных линий электропередач, а также мосты со сквозными фермами. Для всех этих сооружений

обтекание ударной волны вокруг объекта отнимает настолько мало времени, что действие нагрузки обтекания является незначительным, в то время как нагрузка торможения может быть значительной.

4.20. Нагрузка торможения определяется не только величиной скоростного напора, но и формой сооружения (или его элемента). Для закругленных или хорошо обтекаемых объектов коэффициент, учитывающий форму (или коэффициент торможения), имеет меньшую величину, чем для остроугольных сооружений и сооружений неправильной формы (или их элементов). Например, нагрузка на единицу площади телефонного столба или дымовой трубы будет меньше, чем на единицу площади двутавровой балки.

4.21. Здания со стальным (или железобетонным) каркасом и легкими стенами из асбоцементных и алюминиевых панелей или панелей из волнистой стали очень чувствительны к нагрузкам торможения, так как их стены разрушаются при незначительном избыточном давлении. Это разрушение, сопровождаемое выравниванием давления, происходит сразу же после того, как ударная волна достигает сооружения. При этом каркас сооружения подвергается действию сравнительно небольшой нагрузки обтекания. Искривление или другие виды повреждений каркаса и узких элементов сооружения, например колонн, балок и ферм, происходят главным образом под действием нагрузок торможения.

4.22. Реакция сооружений, которые подвержены в основном действию нагрузок торможения или которые быстро становятся чувствительными к таким нагрузкам при нарушении их внешней обшивки, определяется как величиной нагрузки торможения, так и ее продолжительностью. Таким образом, степень повреждения зависит от продолжительности положительной фазы действия ударной волны и от максимального скоростного напора. Следовательно, для данной максимальной величины скоростного напора более сильные разрушения сооружения, чувствительного к нагрузкам торможения, возникнут при взрыве большей мощности, так как продолжительность положительной фазы действия ударной волны в этом случае будет больше, чем при взрыве меньшей мощности.

Радиусы зон разрушения сооружений. Законы подобия

4.23. Радиус (или площадь) зоны, в которой будут происходить разрушения определенного типа, зависит, конечно, от мощности и высоты (вида) взрыва. Как указывалось в главе 3, существуют определенные законы подобия, которые позволяют установить зависимость между расстоянием, на котором достигается данное максимальное избыточное давление ударной волны, и мощностью взрыва. Поэтому можно легко установить влияние мощности взрыва на радиус (или площадь) зоны с определенным типом разрушений (повреждений) для сооружений, подвергающихся разрушающему действию ударной волны во время фазы обтекания, в которой при определении реакции сооружения на действие ударной волны большое значение имеет величина максимального избыточного давления.

4.24. При одинаковых высотах взрыва увеличение радиусов зон с определенным типом разрушений, которые будут испытывать сооружения, чувствительные к нагрузкам обтекания, будет пропорционально корню кубическому из мощности взрыва, а площади этих зон будут пропорциональны этой мощности в степени $^2/_3$. Это означает, например, что увеличение мощности взрыва в 1000 раз приведет к увеличению радиуса зоны разрушений сооружений указанного типа примерно в 10 раз; площадь же зоны разрушений увеличится при этом примерно в 100 раз.

4.25. В том случае когда степень разрушения сильно зависит от нагрузки торможения во время всей положительной фазы действия ударной волны, помимо величины максимального скоростного напора, большое значение имеет также продолжительность этой фазы. Чем больше мощность взрыва, тем больше расстояние от центра взрыва, на котором максимальный скоростной напор имеет заданную величину, и тем больше продолжительность действия положительной фазы ударной волны. Поскольку с увеличением продолжительности действия данного давления увеличивается степень разрушений, вызванных действием нагрузок торможения, то разрушения одного и того же типа будут наблюдаться в зонах с более слабым скоростным напором. Поэтому сооружения, чувствительные к нагрузкам торможения, будут разрушены на расстояниях больших, чем радиусы зон поражения, рассчитанные для сооружений, чувствительных к нагрузкам обтекания, по правилу кубического корня. Другими словами, в результате увеличения мощности взрыва в тысячу раз радиус зоны разрушений определенного типа, которые будут испытывать сооружения, чувствительные к нагрузкам торможения, увеличится более чем в 10 раз, а площадь зоны разрушения — более чем в 100 раз.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РЕАКЦИЮ СООРУЖЕНИЯ К ДЕЙСТВИЮ ВЗРЫВА

Прочность и масса

4.26. Существует очень много факторов, связанных с характеристиками сооружений и влияющих на их реакцию к действию ударной волны, образующейся при ядерном взрыве. К этим факторам, рассматриваемым ниже, относятся прочность и масса, особенности общей конструкции сооружения, а также пластичность материалов, из которых возведено сооружение и изготовлены его элементы.

4.27. Основным критерием для определения реакции сооружения на действие ударной волны является его прочность. Исполь-

зованный здесь термин «прочность» является слишком общим, так как он характеризует собой такие свойства сооружения, на которые влияют многие факторы; одни из этих факторов являются очевидными, а другие нет. Наиболее очевидным показателем прочности сооружения является, конечно, его массивность, но на прочность сильно влияют и другие, менее заметные факторы, например пластичность и упругость каркаса, прочность соединений балок и колонн с каркасом, количество стоек и диагональных связей в сооружении. Если степень прочности вдоль обеих осей сооружения неодинакова, то необходимо учитывать также ориентацию сооружения по отношению к направлению на центр взрыва.

4.28. Наиболее прочными сооружениями являются здания с тяжелыми стальными и железобетонными каркасами, особенно здания, сейсмически устойчивые; наименее прочными, по-видимому, являются сооружения типа ангаров, имеющие легкие каркасы и большие пролеты между опорами. Некоторые другие типы легких сооружений с открытым каркасом также относятся к последней категории, а хорошо сконструированные каркасные здания имеют бо́льшую прочность, чем сооружения ангарного типа.

4.29. Сооружения с несущими стенами (из кирпича или бетонных блоков), не имеющими какого-либо усиления, обладают малой сопротивляемостью действию ударной волны. Причиной этого является недостаточная упругость материала и слабая прочность соединений, подвергающихся действию горизонтальной составляющей нагрузки ударной волны. Усиление же сооружений подобного типа с помощью специальных креплений из стали значительно увеличивает их прочность.

Особенности конструкции сооружения

4.30. За исключением районов, в которых возможны довольно сильные землетрясения, большинство сооружений в Соединенных Штатах рассчитаны на сопротивляемость только горизонтальным нагрузкам, возникающим под воздействием ветров средней силы. При проектировании сооружений эти нагрузки рассматриваются как статические (или постоянные), так как естественные ветры усиливаются сравнительно медленно. Однако ударная волна ядерного взрыва создает скорее динамическую нагрузку, чем статическую; эта нагрузка действует в течение чрезвычайно короткого промежутка времени, примерно в течение одной секунды, и ее величина непрерывно падает.

Важным фактором при определении реакции сооружения на горизонтальную динамическую нагрузку является инерция, определяемая массой сооружения или отдельных его элементов, хотя при статической нагрузке этот фактор и не имеет существенного значения.

4.31. Из существующих типов сооружений, вероятно, меньше всего будут разрушены ударной волной те сооружения, которые

рассчитаны на сопротивляемость землетрясению и способны выдержать горизонтальные нагрузки, составляющие примерно 10% их веса. Такие сооружения, часто усиленные внутренними поперечными стенами и имеющие непрерывные связи, которые обеспечивают их дополнительную жесткость, вероятно, могут выдерживать без серьезных повреждений действие значительной горизонтальной нагрузки.

Пластичность

4.32. Термин «пластичность» означает способность материала или сооружения неупруго поглощать энергию и не разрушаться при этом. Другими словами, чем больше пластичность, тем больше сопротивляемость сооружения действию разрушающих сил. Хрупкие материалы имеют плохую пластичность и сразу же разрушаются, как только достигнут предел их эластичности.

4.33. Если действующая на материал нагрузка вызывает его деформацию, как это происходит, например, при атомном взрыве, то первоначальная деформация, как говорят, является упругой. Если во время действия нагрузки материал находится в состоянии упругой деформации, то после снятия нагрузки он будет восстанавливать свою первоначальную форму. Если же напряжения, возникающие в результате действия нагрузки, оказываются достаточно большими, то материал переходит в стадию пластичности. Находясь в этом состоянии, материал после снятия нагрузки уже не восстанавливает своей первоначальной формы, т. е. остается некоторая постоянная его деформация, но при этом еще не происходит его разрушение. И только когда напряжение достигает предела прочности, происходит разрушение материала.

4.34. Идеальным сооружением, которое при действии ударной волны получает лишь небольшие повреждения, является такое, которое обладает максимальной упругостью. К сожалению, строительные материалы не способны поглощать много энергии в области упругой деформации, хотя многие обычные материалы до своего разрушения могут поглощать большое количество энергии в области пластических деформаций. Поэтому одной из проблем, возникающих при проектировании сооружений, способных противостоять действию ударной волны, является определение допустимой величины непрерывной (пластической) деформации, при которой определенное сооружение еще не подвергнется разрушению. Величина допустимой деформации зависит, конечно, от характера и назначения сооружения. Хотя деформация, приводящая к полному разрушению сооружения, и является определенно нежелательной, наличие несколько меньшей деформации, возможно, не повлияет на дальнейшее использование этого сооружения.

4.35. Очевидно, что пластичность является желательным свойством строительных материалов, необходимым для того, чтобы они противостояли действию ударной волны. Этим свойством

в значительной степени обладают конструкционная сталь и стальная арматура. Эти материалы способны поглощать большое количество энергии, например от действия ударной волны, не разрушаясь при этом, и таким образом снижать вероятность разрушения сооружения, в котором они используются. Кроме того, конструкционная сталь имеет то преимущество, что предел текучести (или упругости) некоторых сортов этой стали при динамических нагрузках на 25—30% выше, чем при статических нагрузках.

4.36. Хотя бетон сам по себе и не является пластичным материалом, однако соответствующее использование его совместно со сталью, например в железобетонных конструкциях, приводит к тому, что пластичность стали будет передаваться на всю конструкцию в целом. Поэтому такое сооружение будет обладать значительной пластичностью, а следовательно, и способностью поглощать энергию. Кирпичные же стены, не усиленные железной арматурой, совершенно не обладают свойством пластичности и, как указывалось выше, легко разрушаются.

РАЗРУШЕНИЯ (ПОВРЕЖДЕНИЯ) СООРУЖЕНИЙ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

Классификация разрушений (повреждений)

4.37. Для удобства изложения все разрушения (повреждения) сооружений и других объектов разделены на следующие три категории.

Сильные разрушения (повреждения). К сильным разрушениям (повреждениям) относятся такие, в результате которых невозможно дальнейшее использование сооружения или объекта по назначению без его полной реконструкции. Применительно к сооружениям или зданиям это обычно означает полное их разрушение.

Средние разрушения (повреждения). К средним разрушениям (повреждениям) относятся разрушения (повреждения) основных элементов сооружения или объекта, которые исключают возможность его эффективного использования по прямому назначению до тех пор, пока не будет произведен капитальный ремонт.

Легкие разрушения (повреждения). При легких разрушениях (повреждениях) происходит разрушение окон, легкое повреждение крыши и наружной обшивки здания, срыв и падение вниз легких внутренних перегородок и незначительное разрушение тонких переборок в зданиях. Для сооружений других типов характер легких повреждений приводится в таблицах 4.38а и 4.38б.

Разрушения (повреждения) наземных сооружений

4.38. Подробная характеристика сильных, средних и легких повреждений, определенных выше, для различных сооружений приводится в таблицах 4.38а и 4.38б. Для удобства приводимые

Таблица 4.38а

Характер повреждений сооружений, чувствительных главным образом к действию избыточного давления ударной волны

Тип сооружения	Категория разрушения (повреждения) и его характер		
	сильное	среднее	легкое
Многоэтажные железобетонные здания с железобетонными стенами без оконных проемов, устойчивые к действию избыточного давления ударной волны во фронте, равном 2,18 кг/см², при взрыве мощностью 1 мегатонна	Полное разрушение стен, сильное повреждение каркаса, начинающееся разрушение здания	Стены имеют проломы, в местах этих проломов может быть искривление каркаса. Повреждение входов, срыв дверей или их заклинивание, многочисленное отслаивание бетона	Образование небольших трещин на бетонных стенах и каркасе
Многоэтажные железобетонные здания (3—8 этажей) с бетонными стенами и малой площадью окон	Полное разрушение стен, сильное повреждение каркаса, начинающееся разрушение здания	Образование многочисленных трещин на наружных стенах, образование больших трещин на внутренних перегородках или обрушивание этих перегородок. Сплошное повреждение каркаса, многочисленное отслаивание бетона	Срыв дверей, образование трещин на внутренних перегородках
Многоэтажные здания с несущими стенами (тип многоквартирного кирпичного дома высотой до 3 этажей)	Обрушивание несущих стен, приводящее к полному разрушению здания	Образование многочисленных трещин на наружных стенах и внутренних перегородках, возможно обрушивание внутренних перегородок	Срыв окон и дверей, образование трещин на внутренних перегородках
Многоэтажные массивные здания с несущими стенами (до 4 этажей)	Полное разрушение несущих стен, приводящее к разрушению конструкций, поддерживаемых этими стенами. Некоторые несущие стены, возможно, будут в достаточной степени защищены внутренними стенами, поэтому часть сооружения может получить лишь средние повреждения	Образование многочисленных трещин на наружных стенах, обращенных к взрыву, и на внутренних перегородках. Противоположная (взрыву) часть здания может иметь меньшие повреждения	Срыв окон и дверей, образование трещин на внутренних перегородках

Продолжение

Тип сооружения	Категория разрушения (повреждения) и его характер		
	сильное	среднее	легкое
Жилые здания с деревянным каркасом (1—2 этажа)	Разрушение каркаса, вызывающее разрушение большей части здания	Образование трещин на каркасе, сильное повреждение крыши, обрушивание внутренних перегородок	Срыв окон и дверей (внутрь), образование трещин на внутренних перегородках

в таблицах данные разделены на две группы. В таблице 4.38а показаны сооружения, чувствительные главным образом к нагрузкам обтекания; при этом основным фактором, определяющим степень повреждения сооружения, является максимальное избыточное давление. В таблице 4.38б приведены данные для сооружений, чувствительных главным образом к нагрузкам торможения; при этом наибольшее значение имеет как максимальный скоростной напор, так и продолжительность положительной фазы действия ударной волны. На рис. 4.58а показана зависимость между расстояниями, на которых будут наблюдаться повреждения сооружений определенного типа, и мощностью взрыва.

4.39. Для некоторых элементов конструкций, имеющих в момент разрушения короткий период собственных колебаний (примерно до 0,05 секунды) и незначительную пластическую деформацию, основным критерием разрушения является лишь соответствующая величина максимального избыточного давления; продолжительность же действия ударной волны при этом не имеет существенного значения. Условия, при которых будет происходить разрушение элементов конструкции этого типа, приводятся в таблице 4.39. Некоторые из этих элементов разрушаются ввиду своей хрупкости, и поэтому между величиной давления, не приводящего ни к каким повреждениям, и величиной давления, вызывающего полное разрушение, имеется лишь небольшая разница. Другие элементы конструкции разрушаются при наличии некоторой пластической деформации, но и в этом случае существует лишь небольшая разница между давлением, вызывающим легкие повреждения, и давлением, приводящим к полному разрушению сооружения. Указанные значения давления являются величинами избыточного давления падающей ударной волны, вызывающего повреждения панелей, обращенных своей плоскостью к эпицентру взрыва. Панели, ориентированные таким образом, что на них не действует отраженное давление, получат такие же повреждения при удвоенной величине максимального избыточного давления в падающей ударной волне.

Таблица 4.38б

Характер повреждений сооружений, чувствительных главным образом к действию скоростного напора

Тип сооружения	Категория разрушения (повреждения) и его характер		
	сильное	среднее	легкое
Одноэтажные промышленные здания с легким стальным каркасом (имеют краны грузоподъемностью до 5 т); имеют легкие, непрочные, быстро разрушающиеся стены	Сильная деформация или разрушение каркаса	Небольшая или сильная деформация каркаса. Краны (если такие имеются) непригодны к эксплуатации и требуют ремонта	Срыв окон и дверей, разрушение легкой наружной обшивки здания
Одноэтажные промышленные здания с массивным стальным каркасом (имеют краны грузоподъемностью 25—50 т); имеют легкие, непрочные, быстро разрушающиеся стены	Сильная деформация или разрушение каркаса	Небольшая деформация каркаса; краны непригодны к эксплуатации и требуют ремонта	Срыв окон и дверей, разрушение легкой наружной обшивки здания
Одноэтажные промышленные здания с тяжелым стальным каркасом (имеют краны грузоподъемностью 60—100 т); имеют легкие, непрочные, быстро разрушающиеся стены	Сильная деформация или разрушение каркаса	Небольшая деформация каркаса; краны непригодны к эксплуатации и требуют ремонта	Срыв окон и дверей, разрушение легкой наружной обшивки здания
Многоэтажные (3—10 этажей) административные здания со стальным каркасом; устойчивы к действию землетрясения; имеют легкие, непрочные, быстро разрушающиеся стены	Сильная деформация каркаса; начинающееся разрушение здания	Деформация каркаса средней степени, обрушивание внутренних перегородок	Срыв окон и дверей; разрушение легкой наружной обшивки здания; обрушивание внутренних перегородок
Многоэтажные (3—10 этажей) административные здания со стальным каркасом; неустойчивы к дей-	Сильная деформация каркаса; начинающееся разрушение здания	Деформация каркаса средней степени; обрушивание внутренних перегородок	Срыв окон и дверей (внутрь); разрушение легкой наружной обшивки здания; обрушивание внутренних перегородок

Продолжение

Тип сооружения	Категория разрушения (повреждения) и его характер		
	сильное	среднее	легкое
ствию землетрясения; имеют легкие, непрочные, быстро разрушающиеся стены			
Многоэтажные (3—10 этажей) административные здания с железобетонным каркасом; устойчивы к действию землетрясения; имеют легкие, непрочные, быстро разрушающиеся стены	Сильная деформация каркаса; начинающееся разрушение здания	Деформация каркаса средней степени; обрушивание внутренних перегородок; незначительное отслаивание бетона	Срыв окон и дверей (внутрь); разрушение легкой наружной обшивки здания; обрушивание внутренних перегородок
Автодорожные мосты со сквозными фермами и длиной пролета 45—75 м	Полное разрушение поперечных связей; разрушение моста в целом	Частичное разрушение поперечных связей, вызывающее уменьшение грузоподъемности моста приблизительно на 50%	Грузоподъемность моста не изменяется; небольшая деформация некоторых элементов конструкции
Железнодорожные мосты со сквозными фермами и длиной пролета 45—75 м	Полное разрушение поперечных связей; разрушение моста в целом	Частичное разрушение поперечных связей, вызывающее уменьшение грузоподъемности моста приблизительно на 50%	Грузоподъемность моста не изменяется; небольшая деформация некоторых элементов конструкции
Автодорожные и железнодорожные мосты со сквозными фермами и длиной пролета 75—150 м	Полное разрушение поперечных связей; разрушение моста в целом	Частичное разрушение поперечных связей, вызывающее уменьшение грузоподъемности моста приблизительно на 50%	Грузоподъемность моста не изменяется; небольшая деформация некоторых элементов конструкции

Повреждения легких заглубленных сооружений и сооружений, обсыпанных грунтом

4.40. Воздушная ударная волна является основным фактором, определяющим степень повреждения легких заглубленных сооружений и сооружений, обсыпанных грунтом, а также подземных сооружений неглубокого заложения. Слой земляного покрытия на

наземных сооружениях обеспечивает существенную их защиту от действия ударной волны, а также некоторую защиту от летящих осколков. Толщина земляной обсыпки над сооружением обычно определяется степенью их защиты от ядерного излучения, которая требуется при данной величине избыточного давления или скоростного напора (гл. 8).

Таблица 4.39

Условия, при которых будет происходить разрушение (повреждение) элементов сооружений, чувствительных к действию максимального избыточного давления

Элементы сооружения	Характер разрушения (повреждения)	Приблизительная величина избыточного давления в падающей ударной волне, (кг/см²)
Остекленные окна (большие и малые)	Обычно выбивание стекол; иногда разрушение оконных рам	0,035—0,07
Обшивка из асбестовых панелей	Полное разрушение	0,07—0,14
Панели из волнистой стали или алюминия	Нарушение соединений, сопровождающееся коroблением	0,07—0,14
Кирпичные стены толщиной 20—30 см (без усиления)	Разрушения, вызываемые деформацией среза и изгиба	0,49—0,56
Обшивка из деревянных панелей в домах стандартной конструкции	Обычно нарушение основных соединений, приводящее к срыву всей панели	0,07—0,14
Бетонные или шлакоблочные стены толщиной 20 30 см (без усиления)	Полное разрушение стен	0,14—0,21

4.41. Обычный метод создания земляной обсыпки наземных или котлованных сооружений состоит в том, что над частью сооружения, находящейся выше уровня поверхности земли, насыпается земляной холм. При правильном выборе угла наклона такой земляной обсыпки будет уменьшен коэффициент отражения ударной волны и улучшена аэродинамическая форма сооружения. В результате этого будет значительно снижено действие нагрузки. Положительная роль земляной обсыпки состоит также в повышении жесткости или сопротивляемости деформации упругих сооружений в результате противодействия грунта.

4.42. К легким незначительно заглубленным подземным сооружениям относятся сооружения, обсыпка которых находится на одном уровне с поверхностью земли. Однако заглубление их при этом все же недостаточно для того, чтобы получить большое значение отношения глубины заложения сооружения к его пролету,

которое обусловливает защитное действие грунтовой обсыпки (п. 4.44). При величине отношения глубины заложения к пролету сооружения, равной 0,25—3,0, в большинстве грунтов происходит небольшое ослабление давления воздушной ударной волны, действующего на поверхность обсыпки сооружения. В результате ядерных испытаний, проведенных в штате Невада, установлено,

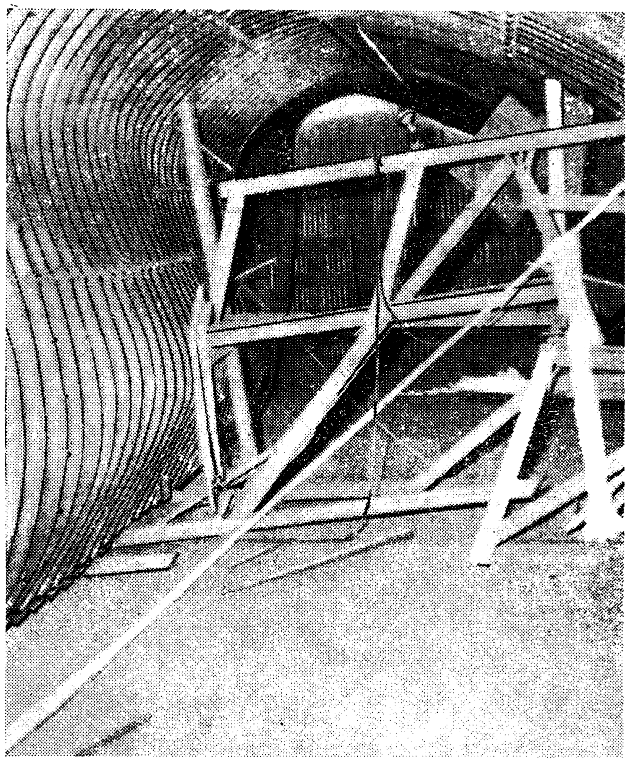


Рис. 4.46. Сильные повреждения сооружения из волнистой стали с грунтовой обсыпкой

что, по-видимому, не происходит увеличения давления на сооружение вследствие отражения волны сжатия от обсыпки сооружения.

4.43. Величина горизонтальной составляющей давления волны сжатия, действующего на вертикальные стены сооружения, возведенного в сухом, хорошо утрамбованном илистом грунте, составляет меньше 15% от величины давления волны, действующего на покрытие сооружения. Однако для большинства пористых, насыщенных влагой грунтов величина горизонтальной составляющей

давления волны сжатия, по-видимому, будет выше и может стать равной величине давления, действующего на покрытие сооружения. Давление, действующее в заглубленном сооружении на пол, который конструктивно составляет одно целое с его стенами, может достичь 75—100% величины давления, действующего на его покрытие.

4.44. В подземном сооружении, возведенном на такой глубине, при которой отношение глубины заложения сооружения к его пролету составляет (или превышает) 3,0, будет ощущаться защитное действие окружающего грунтового свода. Незначительный опыт, полученный при испытаниях на полигоне в штате Невада, показывает, что грунтовой свод значительно снижает нагрузку на сооружения из гибких элементов, хотя точная степень такого уменьшения до настоящего времени не определена.

4.45. Характер повреждений, которые могут получить сооружения неглубокого заложения, зависит от многих переменных величин, в том числе от характеристики сооружения, характера грунта, глубины заложения, величины вертикального давления и направления распространения ударной волны. В таблице 4.45 приведены предельные значения максимального избыточного давления,

Таблица 4.45

Характеристика повреждений обсыпных и заглубленных сооружений

Тип сооружения	Категория разрушения (повреждения)	Максимальное избыточное давление (кг см²)	Характер разрушения (повреждения)
Обсыпные легкие сводчатые наземные сооружения из волнистой стали (марки 10); длина панелей 6—7,5 м; центральный угол равен 180°; толщина грунтовой обсыпки — 1,5 м [1]	Сильное	3,15—4,20	Полное разрушение.
	Среднее	2,8—3,5	Сильная деформация свода и стен, обращенных к взрыву; повреждение дверей главного входа
	Легкое	2,1—2,8	Повреждение вентиляции и входных дверей
Заглубленные сводчатые бетонные сооружения с длиной пролета 4,8 м; центральный угол равен 180°; толщина стенок — 20 см, толщина грунтовой обсыпки — 1,2 м	Сильное	15,4—19,6	Полное разрушение.
	Среднее	11,2—15,4	Сильная деформация сооружения с образованием больших трещин и отслаивание бетона
	Легкое	8,4—11,2	Образование трещин в панелях, возможно повреждение входных дверей

[1] Если сводчатые сооружения усилены ребрами, то величина давления, вызывающего разрушение сооружения, будет выше, чем приведенные в таблице данные, и будет определяться числом ребер.

вызывающего повреждения различной степени двух типов заглубленных сооружений. Указанные в таблице минимальные и максимальные значения давления учитывают возможные различия в конструкции сооружений, состояние грунта, форму грунтовой обсыпки, а также ориентацию сооружения по отношению к направлению распространения ударной волны.

4.46. На рис. 4.46 дан пример сильного повреждения наземного сводчатого сооружения, построенного из волнистой стали (марки 10) и обсыпанного грунтом. Следует отметить, что около половины свода сооружения было разрушено главным образом в результате действия динамического давления на передний скат грунтовой обсыпки.

Разрушение (повреждение) наземных транспортных средств

4.47. К рассматриваемым здесь общим типам наземных транспортных средств относятся гражданские легковые и грузовые автомобили, машины для перемещения грунта (бульдозеры, грейдеры, скреперы) и железнодорожный подвижной состав (локомотивы, вагоны, цистерны и платформы). Эти виды транспортных средств чувствительны главным образом к нагрузкам торможения. Характеристика различных видов повреждений приведена в таблице 4.47. Соответствующие этим разрушениям расстояния от эпицентра взрыва, выраженные в функции мощности взрыва, показаны на рис. 4.58б.

Таблица 4.47

Характеристика повреждений наземных транспортных средств

Вид транспортных средств	Категория повреждения	Характер повреждения
Автотранспортные средства (легковые и грузовые автомобили)	Сильное	Общая деформация рамы, большое смещение отдельных наружных частей (срыв дверей и капотов машин). Эксплуатация возможна только после капитального ремонта
	Среднее	Опрокидывание и отбрасывание машин; образование больших вмятин; деформация рамы. Требуют капитального ремонта
	Легкое	Выбиты стекла; вмятины на кузове; возможно опрокидывание. Эксплуатация возможна без ремонта
Железнодорожный подвижной состав (вагоны, цистерны, платформы)	Сильное	Сбрасывание с рельсов и сильное повреждение; сильная деформация. Отдельные части пригодны к эксплуатации

Продолжение

Вид транспортных средств	Категория повреждения	Характер повреждения
	Среднее	Разрушение дверей, повреждение корпуса, деформация рамы. Могут быть перегнаны на колесах в ремонтную мастерскую
	Легкое	Незначительное повреждение дверей и корпуса. Эксплуатация возможна без ремонта
Железнодорожные локомотивы (дизельные или паровые)	Сильное	Опрокидывание; срыв отдельных частей с образованием трещин и деформированием. Требуется капитальный ремонт
	Среднее	Возможно опрокидывание; после установки на рельсы могут быть отведены в ремонтную мастерскую. Требуется капитальный ремонт
	Легкое	Выбиты стекла; незначительные повреждения отдельных частей. Эксплуатация возможна без ремонта
Машины для перемещения грунта (бульдозеры и грейдеры)	Сильное	Сильная деформация рамы и вдавливание частей из листового металла; сильное повреждение гусениц и колес
	Среднее	Незначительная деформация рамы, опрокидывание; повреждение гусениц и колес
	Легкое	Незначительное повреждение кабин и кожухов, выбиты стекла

Повреждение транспортных самолетов в местах их базирования

4.48. Самолеты являются относительно уязвимыми объектами к действию воздушной ударной волны. Нагрузки, создаваемые избыточным давлением от 0,07 до 0,11 кг/см², достаточны для того, чтобы образовать вмятины в обшивке самолета и изогнуть шпангоуты и стрингеры. При более высоком избыточном давлении нагрузки торможения, создаваемые напором ветра (скоростным напором), способны повернуть, сдвинуть, опрокинуть или поднять и отбросить на стоянке самолеты, в результате чего они могут получить повреждения при столкновении с другими самолетами, сооружениями, а также при ударе о землю. Кроме того, самолеты легко повреждаются летящими обломками, возникающими в результате действия ударной волны.

4.49. На степень повреждения самолетов определенного типа, находящихся на заданном расстоянии от эпицентра взрыва, влияет

несколько факторов. Самолеты, обращенные носовой частью к месту взрыва, получат меньшие повреждения, чем самолеты, повернутые к приближающейся ударной волне хвостовой или боковой частью. Экранирование одного самолета другим самолетом, сооружением или рельефом местности может уменьшить степень повреждения, особенно от летящих обломков. Стандартное крепление самолетов к поверхности грунта, применяемое во время сильного ветра, может также уменьшить степень их повреждения на расстояниях от эпицентра взрыва, на которых в противном случае произошло бы разрушение самолетов.

4.50. В таблице 4.50 приводятся характеристики различных повреждений расположенных на стоянке транспортных самолетов, легких самолетов связи и вертолетов, а также приблизительные значения избыточного давления, под действием которого могут возникнуть указанные повреждения. Приблизительные расстояния от эпицентра взрыва, на которых наблюдаются эти повреждения, могут быть определены при помощи графиков, приведенных в главе 3 данной книги, путем использования значений избыточного давления в зависимости от высоты взрыва. При этом считается, что самолеты расположены на открытой местности и произвольно ориентированы относительно центра взрыва. Следует отметить, что эти данные получены на основе результатов испытаний при ядерных взрывах мощностью порядка нескольких килотонн. При взрывах мощностью порядка нескольких мегатонн большая продолжительность положительной фазы действия ударной волны может привести к некоторому увеличению степени повреждения самолетов по сравнению с повреждениями, получаемыми при взрывах

Таблица 4.50

Характеристика разрушений (повреждений) самолетов, находящихся на стоянке

Категория разрушения (повреждения)	Характер разрушения (повреждения)	Избыточное давление (кг/см²)
Сильное	Для восстановления пригодности самолетов к дальнейшей эксплуатации требуется капитальный (или заводской) ремонт	Транспортные самолеты — 0,21 Легкие самолеты связи — 0,14 Вертолеты — 0,21
Среднее	Для восстановления пригодности самолетов к дальнейшей эксплуатации требуется полевой ремонт	Транспортные самолеты — 0,14 Легкие самолеты связи — 0,07 Вертолеты — 0,15
Легкое	Допускаются полеты самолетов, хотя их эксплуатация может быть ограничена	Транспортные самолеты — 0,07 Легкие самолеты связи — 0,035 Вертолеты — 0,035

малой мощности, хотя значения избыточного давления будут одинаковы. Степень повреждения самолетов, по-видимому, будет значительной при давлениях, вызывающих сильные разрушения (повреждения), и менее значительной для условий, при которых возникают средние и легкие повреждения. Поскольку цифровые данные относительно действия на самолеты взрывов большой мощности отсутствуют, то в таблице 4.50 не сделано никаких допущений относительно этих взрывов.

4.51. Самолеты, наружные поверхности которых покрыты тканью или другим возгораемым материалом, при определенных условиях могут быть повреждены в результате действия светового излучения, причем расстояния от эпицентра взрыва, на которых происходит это повреждение, оказываются гораздо большими, чем расстояния, на которых возникают повреждения в результате действия ударной волны. Уязвимость самолетов от действия светового излучения может быть снижена экранированием возгораемых материалов от прямого действия светового излучения или путем окраски их в светлые тона, которые отражают значительную часть светового излучения (гл. 7).

Повреждение судов

4.52. Повреждение судов при воздушном или надводном ядерном взрыве будет происходить главным образом от действия воздушной ударной волны, так как в водной среде передается лишь незначительное давление. Поэтому надводная часть судна, на которую действует воздушная ударная волна, будет повреждена в наибольшей степени. В главе 5 приводится краткое описание результатов испытаний «Эйбл», осуществленных у атолла Бикини;

Таблица 4.53

Характеристика повреждений судов в результате действия воздушной ударной волны

Категория повреждения	Характер повреждения
Сильное	Судно либо затонуло, либо повреждено настолько, что для своего восстановления требует полной перестройки
Среднее	Судно теряет способность двигаться собственным ходом и требует большого ремонта, особенно те его элементы или узлы, которые чувствительны к действию ударной волны, например судовые двигатели, котлы и внутреннее оборудование
Легкое	Судно пригодно к эксплуатации, хотя будет повреждено некоторое электронное, электрическое и механическое оборудование

здесь же излагаются лишь общие выводы. Мачты, радиолокационные антенны, дымовые трубы, электрооборудование и другие легкие предметы обладают большой чувствительностью к действию воздушной ударной волны (особенно к скоростному напору). На расстояниях от центра взрыва, на которых судно не потопляется, судовые двигатели не будут, по-видимому, повреждены. Исключением из этого являются котлы и вытяжные трубы, повреждение которых воздушной ударной волной будет во многих случаях являться причиной потери судном способности к передвижению.

4.53. Характеристика повреждений торговых судов при ядерных взрывах приведена в таблице 4.53, а зависимость категории повреждений от расстояния до эпицентра взрыва показана на рис. 4.58б. Характер разрушений, причиняемых судам действием воздушной ударной волны, показан на фотоснимках в главе 5.

Повреждение коммунальных сооружений

4.54. В данном разделе рассматриваются повреждения воздушных линий электропередач, телефонных и телеграфных линий, а также антенн радио- и телевизионных станций. Повреждения, наносимые подземным коммунальным сетям, рассматриваются в п. 6.24. Характер повреждения таких сооружений, как электростанции, насосные станции и резервуары для хранения жидкого топлива, можно определить на основе данных, приведенных выше, в разделе о наземных сооружениях (п. 4.38 и др.). Повреждение воздушных линий электропередач, по существу, сводится к тому, что некоторые столбы этих линий оказываются поваленными. Линии, проходящие в радиальном направлении от эпицентра взрыва, повреждаются в меньшей степени, чем линии, проходящие перпендикулярно к направлению распространения ударной волны. Вообще коммунальные сети получают либо сильные, либо легкие повреждения, поскольку столбы оказываются либо поваленными и для их восстановления требуется проведение обширных ремонтных работ, либо они остаются на месте и требуют лишь незначительного ремонта.

Повреждение лесных массивов

4.55. Конкретный характер повреждений лесных массивов в результате ядерного взрыва зависит от многих условий, например от того, является ли лес лиственным или хвойным, какова степень покрытия деревьев листвой, является ли лесной массив естественным или представляет собой искусственное насаждение, благоприятны или неблагоприятны условия роста деревьев. Общая характеристика повреждений лесов, применимая ко всем случаям, дана в таблице 4.55. Деревья чувствительны главным образом к действию нагрузок торможения ударной волны, и поэтому интересно то,

что повреждения, вызываемые действием ядерного взрыва, подобны повреждениям, которые причиняет деревьям ураган или сильный ветер. Скорости такого ветра, при которых будут наблюдаться эквивалентные повреждения, также приводятся в таблице.

Таблица 4.55

Характеристика повреждений лесных массивов

Категория повреждения	Характер повреждения	Скорость эквивалентного ветра (км час)
Сильное	До 90% всех деревьев повалено; оставшиеся деревья лишены ветвей и листьев (район непроходим для автотранспорта и очень трудно проходим для пешеходов)	208—224
Среднее	Около 30% деревьев повалено; оставшиеся деревья имеют редкие оголенные от листвы ветви (район проходим для автотранспорта только после большой расчистки)	144—160
Легкое	Повалено лишь немного деревьев; сорвана часть листьев и ветвей (район проходим для автотранспорта)	96—128

4.56. Расстояния от эпицентра взрыва заданной мощности, на которых будут наблюдаться сильные повреждения лесного массива средней густоты, могут быть вычислены путем использования рис. 4.58б. Получаемые при этом данные особенно хорошо согласуются с повреждениями неразвившихся хвойных лесов, выросших при неблагоприятных условиях роста, а также большинства лиственных лесов средней полосы, еще не потерявших листву. Развившиеся хвойные леса, состоящие из деревьев одинаковой высоты и с меньшей средней плотностью деревьев на одном га, оказывают наибольшее сопротивление действию ударной волны по сравнению с неразвившимися лесами, выросшими при неблагоприятных условиях роста. Лес, состоящий из лиственных деревьев с опавшей листвой, также оказывает несколько большее сопротивление действию ударной волны, чем показано на рис. 4.58б.

Повреждение резервуаров для хранения жидкого топлива

4.57. Вероятные повреждения, которые могут получить под воздействием нагрузок ударной волны резервуары для хранения горюче-смазочных материалов, определены на основе обширной аналитической работы, дополненной экспериментальными данными, полученными при исследовании действия ударной волны в трубе и модельных испытаниях с использованием обычных взрывчатых веществ. Оказалось, что главной причиной разрушения резервуара является отрыв его от основания, в результате чего происходит пластическая деформация и нарушение соединений между боковой поверхностью и днищем. К сильным повреждениям резервуаров

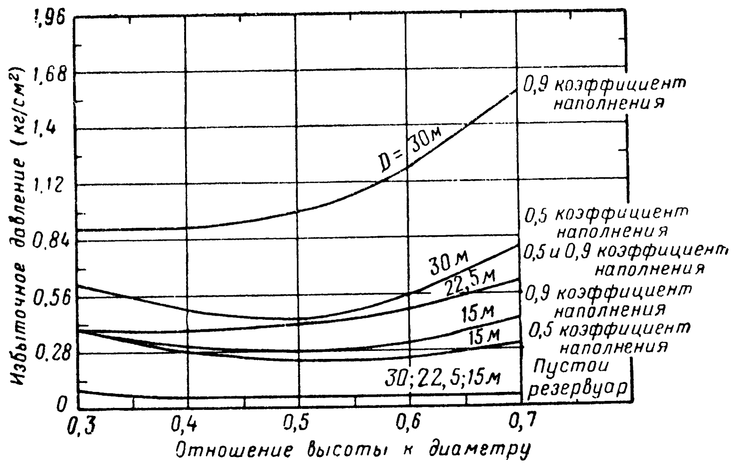


Рис. 4.57а. Величины максимального избыточного давления, при которых наблюдаются сильные повреждения резервуаров с поплавковым регулятором уровня или с конической верхней частью при взрыве мощностью от 1 до 500 килотонн

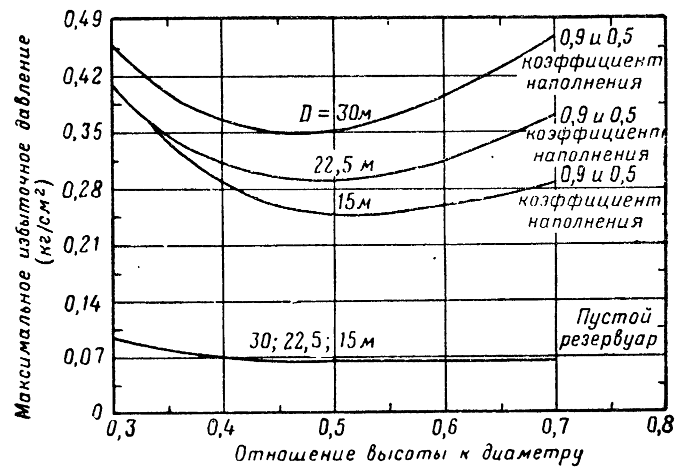


Рис. 4.57б. Величины максимального избыточного давления, при которых наблюдаются сильные повреждения резервуаров с поплавковым регулятором уровня или с конической верхней частью при взрыве мощностью свыше 500 килотонн

относятся такие, которые приводят к утечке содержимого. Кроме потери содержимого резервуара могут возникнуть также вторичные явления, например пожары. Если резервуар не разрушается за счет отрыва его от основания, то может иметь место незначительная потеря (если она вообще возникнет) жидкого горючего в результате нарушения целостности швов. По-видимому, при взрывах не будет наблюдаться ясно выраженное общее разрушение резервуаров, которое ограничило бы пригодность их к эксплуатации. На рис. 4.57а и 4.57б показаны уровни максимального избыточного давления, при которых возникают сильные повреждения резервуаров для хранения горючих и смазочных материалов. Рис. 4.57а применим к ядерным взрывам мощностью от 1 до 500 килотонн, а рис. 4.57б к взрывам мощностью более 500 килотонн. Используя данные, приводимые на рис. 4.57а и 4.57б, а также значения избыточного давления, определяемые с помощью графиков, приводимых в главе 3, можно рассчитать радиусы повреждений резервуаров для хранения жидкого топлива при взрывах различной мощности, осуществленных на разных высотах.

Зависимость степени повреждений от расстояния

4.58. Как указывалось выше, на основе обобщения данных, собранных при изучении последствий ядерных взрывов над японскими городами, во время различных испытаний ядерного оружия, а также в результате теоретического анализа величины нагрузок и реакции сооружений, была установлена определенная зависимость между мощностью взрыва, расстоянием от эпицентра взрыва и степенью вероятных повреждений различных объектов и сооружений. Эта зависимость, выраженная в форме номограмм, показана на рис. 4.58а и 4.58б. Приводимые данные относятся к воздушным взрывам, осуществляемым на такой высоте, когда радиус поражения определенного объекта, подвергающегося действию воздушной ударной волны, оказывается максимальным; при этом для различных сооружений высота взрыва, на которой достигается максимальный радиус поражения, не обязательно будет одной и той же. Методика определения расстояния от эпицентра наземного взрыва с помощью получаемых из графика данных для расстояний от эпицентра воздушного взрыва той же мощности приводится в пояснительном тексте, прилагаемом к рисункам. В этом тексте приведены также примеры, иллюстрирующие правила пользования номограммами.

4.59. За исключением сооружений, устойчивых к действию ударной волны, и мостов, легкие повреждения могут получить все объекты, удаленные от эпицентра взрыва на такое расстояние, где избыточное давление равно 0,07 кг/см². Для определения расстояния от эпицентра взрыва, на котором будут иметь место легкие повреждения сооружения, устойчивого к действию ударной волны,

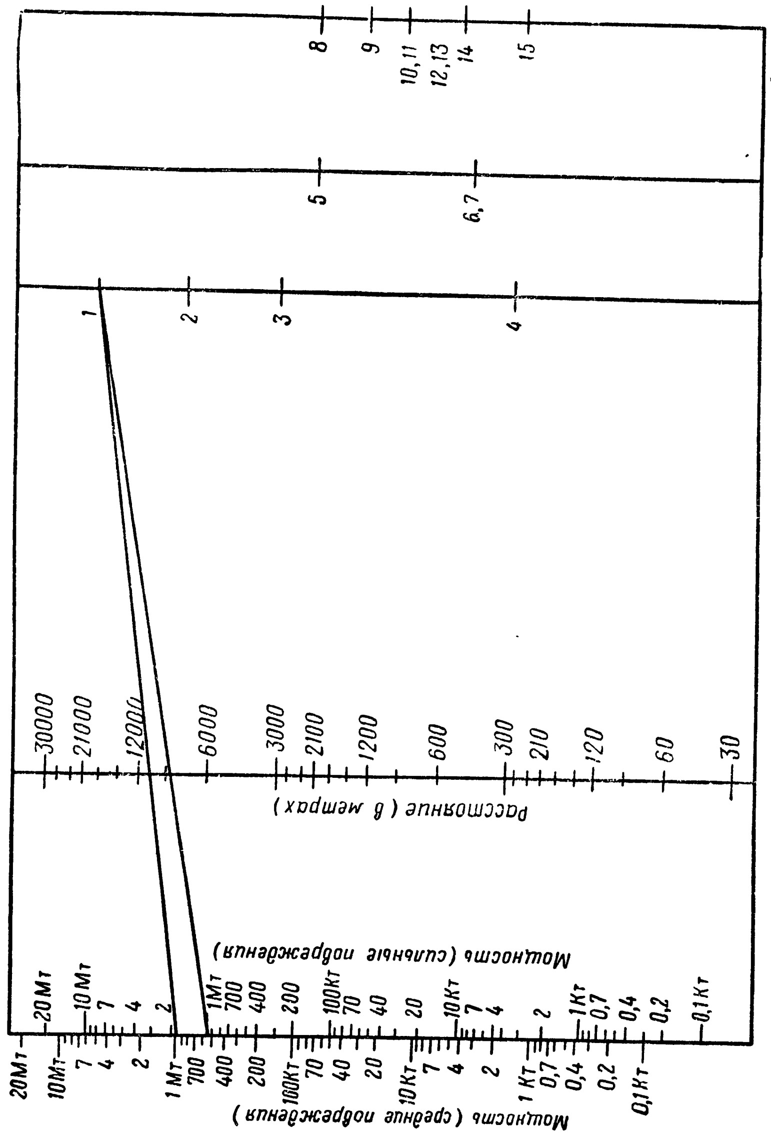


Рис. 4.58а. Зависимость степени повреждения от расстояния для различных объектов

необходимо взять величину избыточного давления, равную 0,7 кг/см². Мосты могут получить легкие повреждения на расстояниях, на которых величина скоростного напора равна 0,004 кг/см².

Объекты

1. Здание с деревянным каркасом.
2. Многоэтажный кирпичный многоквартирный жилой дом с несущими стенами.
3. Многоэтажные массивные здания с несущими стенами.
4. Многоэтажные железобетонные здания, устойчивые к действию ударной волны.
5. Многоэтажные железобетонные здания с бетонными стенами и небольшой площадью оконных проемов.
6. Автодорожные мосты со сквозными фермами и длиной пролета 45—75 м (ударная волна распространяется перпендикулярно к продольной оси моста).
7. Многоэтажные административные здания с железобетонным каркасом, устойчивые к действию землетрясения.
8. Легкие промышленные здания со стальным каркасом.
9. Массивные промышленные здания со стальным каркасом (имеют подъемные краны грузоподъемностью 25—50 т).
10. Массивные промышленные здания со стальным каркасом (имеют подъемные краны грузоподъемностью 60—100 т).
11. Железнодорожные мосты со сквозными фермами и длиной пролета 45—75 м (ударная волна распространяется перпендикулярно к продольной оси моста).
12. Многоэтажные административные здания с железобетонным каркасом.
13. Автодорожные и железнодорожные мосты со сквозными фермами и длиной пролета 75—120 м (ударная волна распространяется перпендикулярно продольной оси моста).
14. Многоэтажные административные здания со стальным каркасом.
15. Многоэтажные административные здания со стальным каркасом, устойчивые к действию землетрясения.

При наземном взрыве величину полученного расстояния от эпицентра необходимо умножить на $^3/_4$.

Пример.

Дано. Здание с деревянным каркасом (тип 1). Взрыв мощностью в 1 мегатонну происходит: а) на оптимальной высоте; б) на поверхности земли.

Требуется найти. Расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться сильные и средние повреждения.

Решение. а) От точки 1 (справа) проводим прямую линию до пересечения ее с точкой, соответствующей мощности 1 мегатонна на шкале сильных повреждений; вторая прямая проводится от

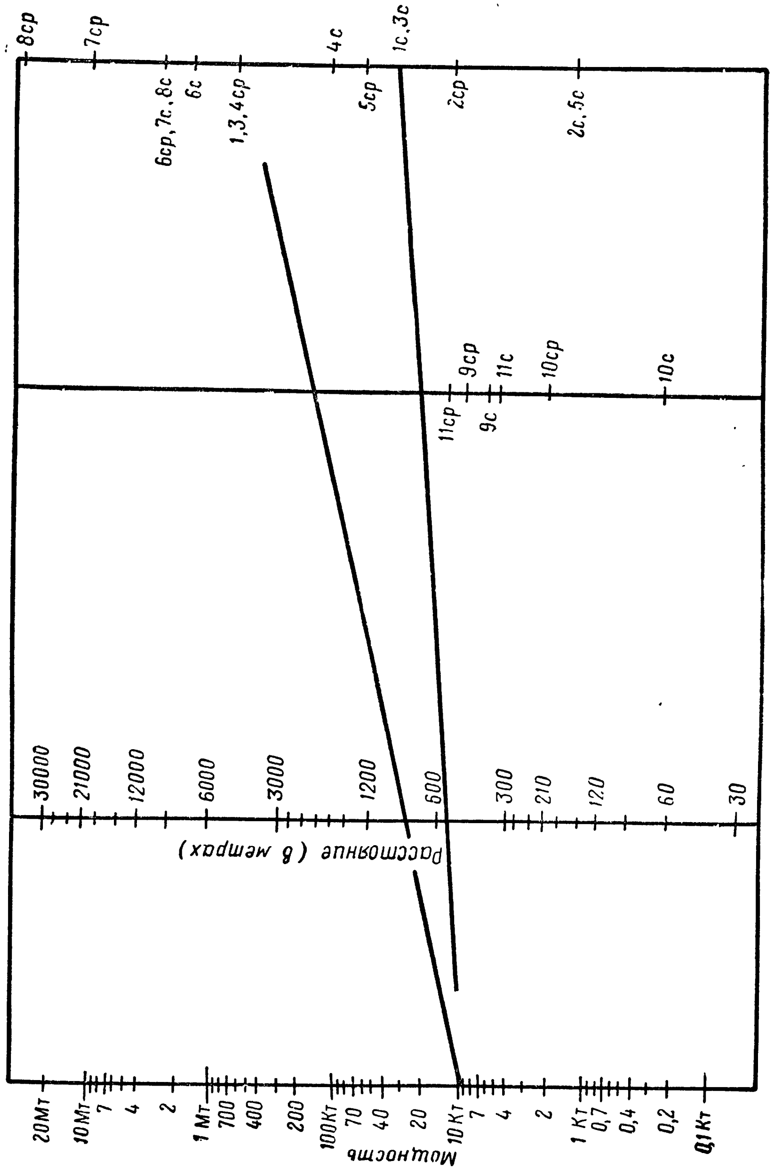


Рис. 4.58б. Зависимость степени повреждения от расстояния для различных объектов

той же точки 1 до пересечения с точкой, соответствующей мощности в 1 мегатонну на шкале средних повреждений. Точки пересечения этих двух прямых со шкалой расстояний соответствуют искомым расстояниям от эпицентра при оптимальных высотах взрыва. Таким образом:

расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться сильные повреждения, равно 8700 м;

расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться средние повреждения, равно 10 200 м;

б) при наземном взрыве соответствующие расстояния от эпицентра взрыва составят $^3/_4$ величин, полученных выше. Следовательно:

расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться сильные повреждения, равно 6600 м;

расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться средние повреждения, равно 7880 м.

(Полученные значения округлены, поскольку большей точности здесь не требуется.)

Объекты

1. Строительное оборудование, смонтированное на автомобиле (незащищенное).
2. Дорожно-строительные машины для перемещения грунта (незащищенные).
3. Грузовые автомобили.
4. Железнодорожные товарные вагоны, пульманы, цистерны, платформы (ориентированы боковой стороной к направлению распространения ударной волны).
5. Локомотивы (ориентированы боковой стороной к направлению распространения ударной волны).
6. Телефонные линии (расположенные радиально по отношению к эпицентру взрыва).
7. Телефонные линии (расположенные поперечно по отношению к эпицентру взрыва).
8. Лесные массивы средней величины.
9. Товарные вагоны, пульманы, цистерны, платформы (расположенные торцевой частью к направлению распространения ударной волны).
10. Локомотивы (расположенные торцевой частью к направлению распространения ударной волны).
11. Торговые суда.

Буквенные обозначения на графиках означают: «ср» — средние повреждения, «с» — сильные повреждения.

При наземном взрыве для объектов типов 1—8 величину полученного расстояния от эпицентра необходимо умножить на $^3/_4$. Для объектов типов 9—11 расстояния от эпицентра взрыва при наземном и воздушном (на оптимальной высоте) взрывах одинаковы.

Пример.

Дано. Грузовой автомобиль (тип 3). Взрыв мощностью 10 килотонн происходит: а) на оптимальной высоте; б) на поверхности земли.

Требуется найти. Расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться сильные и средние повреждения объектов.

Решение. а) От точек 3с и 3ср (справа) проводим прямые линии до пересечения их с точкой, соответствующей мощности 10 килотонн на шкале мощности (слева). Точки пересечения этих двух прямых со шкалой расстояний соответствуют искомым расстояниям от эпицентра воздушного взрыва (на оптимальной высоте) для сильных и средних повреждений. Таким образом:

расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться сильные повреждения, равно 570 м;

расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться средние повреждения, равно 870 м.

б) При наземном взрыве соответствующие расстояния от эпицентра взрыва составят $^3/_4$ величин, полученных выше. Следовательно:

расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться сильные повреждения, равно 420 м;

расстояние от эпицентра взрыва, на котором будут наблюдаться средние повреждения, равно 660 м.

4.60. Данные номограмм, изображенных на рис. 4.58а и 4.58б, справедливы для определенных средних условий. Этими условиями являются следующие: 1) объект находится на уровне моря (если высота над уровнем моря, на которой находится объект, меньше 1500 м, то никаких поправок вводить не требуется); 2) местность достаточно ровная (пересеченная местность в одних зонах будет обеспечивать некоторое местное экранирование и защиту, а в других — местное увеличение степени повреждения) и 3) сооружения имеют средние характеристики (у них средние размеры и прочность, их расположение по отношению к месту взрыва не вызывает сложных проблем, т. е. отношение нагрузки к сопротивлению остается примерно одинаковым во всех направлениях вокруг объекта). Использование данных номограмм в условиях, которые значительно отличаются от средних, предоставляется на усмотрение лиц, занимающихся подобными расчетами. Расстояния, рассчитанные с помощью номограмм, для всех перечисленных выше условий имеют точность в пределах ±20%.

4.61. Необходимо также отметить, что данные номограмм не учитывают повреждений, вызываемых пожарами. Вообще говоря, непосредственное действие светового излучения на сооружения и другие рассматриваемые объекты, за исключением самолетов с тканевой обшивкой, не имеет существенного значения. Однако световое излучение может вызвать пожары; в сооружениях, получивших сильные или средние повреждения, пожары могут возникнуть

вследствие повреждения газопроводов и электрических сетей. В некоторых случаях, как это имело место в Хиросиме, отдельные очаги пожаров могут разрастись в огненный шторм, охватывающий весь город даже за пределами зоны значительных повреждений, вызванных действием ударной волны. Распространение такого пожара зависит в большой степени от местных метеорологических (и других) условий, поэтому характер таких пожаров трудно предсказать. Это ограничение следует иметь в виду при использовании номограмм, приведенных на рис. 4.58а и 4.58б для оценки характера разрушений определенного города или отдельного объекта.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТОВ С ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

Возникновение нагрузки от ударной волны

4.62. Обычным методом определения вероятной степени повреждений сооружений вследствие воздействия ударной волны является теоретический анализ, дополненный экспериментальными данными. Первым этапом такого анализа является определение нагрузки, создаваемой воздушной ударной волной на данное сооружение, и последующая оценка реакции сооружения на эту нагрузку. Поскольку сооружения обычно сложны, то все приведенные здесь данные будут относиться к ряду идеальных объектов, имеющих простые формы.

4.63. Нагрузка на объект, создаваемая ударной волной, является функцией как характеристик падающей ударной волны, т. е. максимального избыточного давления, скоростного напора, закона изменения давления во времени и продолжительности действия ударной волны (как это указано в главе 3), так и размеров, формы, ориентации и реакции сооружения. Взаимодействие падающей ударной волны с сооружением представляет собой сложный процесс, теория которого была разработана преимущественно на основе экспериментальных данных, полученных во взрывных камерах и ударных трубах. Для упрощения проблемы, связанной с определением нагрузки, создаваемой ударной волной, вводятся следующие допущения:

1) величина избыточного давления, представляющая практический интерес, составляет менее 3,5 кг/см²;

2) объект, на который действует нагрузка, находится в зоне образования головной ударной волны.

4.64. Чтобы получить общее представление о процессе возникновения нагрузки под действием ударной волны, в качестве примера рассмотрим простой объект, а именно куб, одна из сторон которого обращена в сторону взрыва. Кроме того, допустим, что куб жестко связан с поверхностью земли и остается неподвижным во время действия на него нагрузки. При этом фронт волны в момент соприкосновения с кубом может рассматриваться как пло-

ский. Рассматриваемое ниже давление является средним давлением, действующим на определенную сторону куба. Поскольку объект находится в дальней зоне, то фронт ударной волны перпендикулярен к поверхности земли. Фронтальная сторона куба, т. е. сторона, обращенная к взрыву, перпендикулярна направлению распространения ударной волны (рис. 4.64).

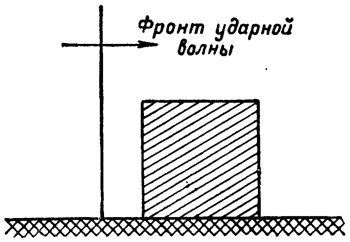


Рис. 4.64. Подход ударной волны к жестко закрепленному простейшему объекту, имеющему форму куба

4.65. Когда ударная волна достигает передней стороны куба, она отражается, образуя отраженное избыточное давление, которое может в 2—8 раз превышать избыточное давление в падающей ударной волне (п. 3.50). Вслед за этим ударная волна начинает обтекать (процесс дифракции) куб, оказывая давление на его боковые и верхнюю стороны, а затем и на заднюю сторону куба. В результате этого объект оказывается охваченным высоким давлением ударной волны, которое со временем постепенно уменьшается и в конечном итоге становится равным окружающему атмосферному давлению. Так как давление отражения, действующее на переднюю сторону куба, больше, чем давление ударной волны на верхнюю и боковые стороны, то оно не может сохраняться долгое время и вскоре падает до величины застойного давления, которое представляет собой сумму избыточного давления в падающей волне и скоростного напора. Время ослабления давления приблизительно равно времени, необходимому для того, чтобы волна разрежения прошла расстояние от ребер передней стороны куба до центра этой стороны и обратно.

4.66. Давление, действующее на боковые и верхнюю стороны куба, равно избыточному давлению в падающей волне. Затем следует короткий период действия пониженного давления, возникающего в результате вихревых потоков воздуха, образующихся на передней стенке во время процесса обтекания и движущихся за фронтом ударной волны вдоль или вблизи поверхности (рис. 4.66). После прекращения вихревых потоков давление повышается до уровня давления в падающей ударной волне, а затем постепенно уменьшается со временем. Воздушный поток вызывает некоторое уменьшение нагрузки, действующей на боковые и верхнюю стороны куба, потому что давление торможения имеет здесь отрицательное значение.

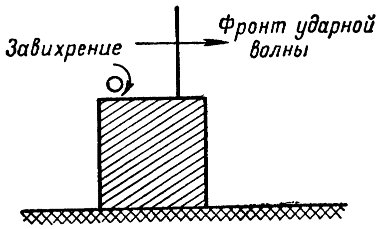


Рис. 4.66. Движение воздушной ударной волны над верхней и боковой гранями куба

4.67. Когда ударная волна достигает задней стороны куба, она начинает обтекать вокруг его ребер и двигаться вдоль задней его стороны (рис. 4.67). Для того чтобы давление достигло более или менее устойчивого уровня, равного алгебраической сумме избыточного давления и давления торможения (причем последнее имеет здесь также отрицательное значение), требуется определенное время (время возрастания). Предельное время возрастания слагается из времени, в течение которого происходит ослабление фронта ударной волны в процессе его обтекания вокруг задних ребер куба, сопровождаемого временным действием вихревого потока, а также из времени, в течение которого ударная волна проходит от ребер до центра задней стенки куба.

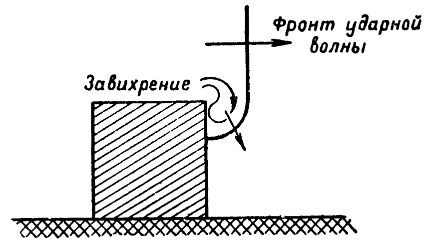


Рис. 4.67. Обтекание воздушной ударной волной тыльной грани куба

4.68. Когда избыточное давление на задней стороне куба достигает величины избыточного давления в ударной волне, процесс обтекания считается законченным. Следовательно, можно допустить, что более или менее устойчивые условия возникают еще до того, как давление приобретает значение, которое имела окружающая атмосфера до прибытия ударной волны.

4.69. Суммарная нагрузка, действующая на любую заданную сторону куба, равна алгебраической сумме соответствующего избыточного давления $p(t)$ и давления торможения. Последнее связано со скоростным напором $q(t)$ выражением

$$\text{давление торможения} = C_d q(t),$$

где C_d — коэффициент торможения, величина которого зависит от ориентации данной стороны куба по отношению к направлению распространения фронта ударной волны и может иметь положительное или отрицательное значение. Величины $p(t)$ и $q(t)$ представляют собой соответственно избыточное давление и скоростной напор в любой момент времени t, после того как фронт ударной волны достигнет заданной точки.

4.70. Предыдущие рассуждения относятся к нагрузкам, действующим на различные поверхности вообще. Для какой-либо произвольной точки на поверхности величина нагрузки зависит также от расстояния между этой точкой и краями грани куба. Эта зависимость требует более детального рассмотрения. Необходимо отметить, что здесь была дана только общая характеристика процесса возникновения нагрузки. В действительности же в процессе обтекания возникает несколько циклов волн отражения и волн разрежения, распространяющихся вдоль поверхностей, пока не на-

ступит их затухание. Однако при определении степени повреждения сооружений эти колебания величины давления могут не приниматься во внимание.

Влияние размеров объекта на величину нагрузки

4.71. Нагрузка, действующая на каждую отдельную поверхность, может не иметь такого большого значения, как результирующая горизонтальная нагрузка, действующая на весь объект в целом. Следовательно, необходимо изучить действие результирующей нагрузки, величина которой равна разности значений нагрузок на переднюю и заднюю стороны куба. Во время процесса обтекания величина результирующей горизонтальной нагрузки значительна, так как на переднюю сторону куба в первоначальный момент действует давление отражения, в то время как на задней стороне куба еще не возникло никакой нагрузки.

4.72. После того как закончится процесс обтекания, нагрузки на переднюю и заднюю стенки, возникающие под действием избыточного давления, будут в основном равны. Поэтому результирующая горизонтальная нагрузка является относительно небольшой. К этому моменту времени она равна разности значений нагрузок, действующих на переднюю и заднюю стороны; эта разность возникает в результате действия скоростного напора. Ввиду того что время, необходимое для завершения процесса обтекания, больше зависит от размеров объекта, чем от продолжительности действия падающей ударной волны, импульс нагрузки на единицу площади в процессе обтекания больше для длинных, чем для коротких объектов.

4.73. С другой стороны, на величину нагрузки скоростного напора (или нагрузки торможения) влияют форма объекта и продолжительность действия ударной волны. Именно последняя величина, а не размеры объекта определяет время действия (и значения импульса на единицу площади) нагрузки торможения.

4.74. Поэтому можно заключить, что для крупных объектов, находящихся под действием ударной волны небольшой продолжительности, результирующая горизонтальная нагрузка, существующая в процессе обтекания, имеет гораздо большее значение, чем нагрузка скоростного напора. С уменьшением размеров объекта или с увеличением продолжительности действия ударной волны, например при увеличении мощности ядерного оружия, нагрузка торможения приобретает все большее значение. Как указывалось выше, с целью классификации повреждений и определения главной их причины все сооружения часто делят на чувствительные к нагрузкам обтекания и чувствительные к нагрузкам торможения. В действительности же все объекты повреждаются чаще в результате суммарного действия нагрузки избыточного давления и нагрузки скоростного напора, чем за счет действия только одного из этих видов нагрузки ударной волны.

Влияние формы объекта на величину нагрузки

4.75. Рассмотренные выше явления взаимодействия ударной волны с объектом, имеющим форму куба, могут быть распространены на нагрузки, действующие на объекты любой другой формы. Коэффициент отражения, т. е. отношение мгновенного избыточного давления отражения к избыточному давлению во фронте падающей ударной волны, зависит от угла падения ударной волны. Для объектов, имеющих закругленную форму, например сферическую или полусферическую, отражение на передней поверхности будет неодинаковым для различных точек. Поэтому время спада давления отражения до уровня застойного давления зависит от размеров объекта и положения рассматриваемой точки на передней поверхности.

4.76. Коэффициент торможения, т. е. отношение давления торможения к скоростному напору, изменяется в зависимости от формы объекта. Во многих случаях дается общий (или средний) коэффициент торможения, так что можно определить величину результирующей нагрузки, действующей на поверхность. В других случаях для определения давления в различных точках поверхности необходимо знать частные значения коэффициента торможения. Время нарастания среднего давления на задней поверхности зависит от размера, а также в известной степени и от формы объекта.

4.77. Некоторые сооружения имеют хрупкие части, которые легко разрушаются начальным импульсом ударной волны; в результате этого изменяется форма объекта и, следовательно, действующая на него нагрузка. Когда в окнах обычного здания выбиваются стекла, то ударная волна, проникая внутрь здания, стремится выравнять давление внутри и снаружи. Фактически сооружение можно спроектировать таким образом, чтобы его определенные части были хрупкими и за счет этого уменьшились бы повреждения остальных частей сооружения. Таким образом, реакция определенных элементов сооружения в таких случаях влияет на величину нагрузки на сооружение в целом. Вообще считается, что смещение элементов конструкции не влияет на величину нагрузки ударной волны на этот элемент. Однако исключением из этого правила являются самолеты, находящиеся в полете и испытывающие при этом действие ударной волны.

Графики изменения нагрузки во времени

4.78. Ниже приводятся методы, с помощью которых могут быть построены графики, показывающие изменение нагрузки от воздушной ударной волны как функцию времени. Предлагаемые здесь методы построения графиков применимы к следующим четырем сравнительно простым формам сооружений: 1) закрытое сооружение прямоугольной формы; 2) частично открытое сооружение

прямоугольной формы; 3) открытое каркасное сооружение и 4) сооружение цилиндрической формы. Для объектов, имеющих формы, сходные с перечисленными выше, допустимы незначительные изменения методов построения графиков. Для объектов же, имеющих неправильные формы, указанные методы дают лишь грубую оценку вероятной нагрузки от действия ударной волны.

4.79. Параметры ударной волны, которые необходимо знать при расчетах, а также их буквенные обозначения приведены в таблице 4.79. В этой же таблице указаны номера рисунков главы 3, где изображены графики, с помощью которых можно определить эти параметры для заданных расстояний от эпицентра взрыва определенной мощности, осуществленного на данной высоте.

Таблица 4.79

Параметры ударной волны, необходимые для расчета нагрузки

Параметры ударной волны	Обозначение	Источник
Максимальное избыточное давление	p	рис. 3.66, 3.67а и 3.67б
Изменение избыточного давления во времени	$p(t)$	рис. 3.52
Максимальный скоростной напор	q	рис. 3.68
Изменение скоростного напора во времени	$q(t)$	рис. 3.53
Избыточное давление отражения	p_r	рис. 3.71б
Продолжительность положительной фазы	t_+	рис. 3.69
Скорость продвижения фронта ударной волны	U	рис. 3.49

Замкнутые сооружения прямоугольной формы

4.80. Замкнутое сооружение прямоугольной формы может быть представлено простым параллелепипедом, изображенным на рис. 4.80 и имеющим длину L, высоту H и ширину B. К этой категории будут относиться сооружения с плоской крышей и стенами, имеющими такую же устойчивость к действию ударной волны, как и каркас. Стены либо совсем не имеют проемов (дверей и окон), либо имеют небольшое их количество (около 5% общей площади), так что давление на внутренние поверхности сооружения остается примерно равным давлению окружающей атмосферы, существовавшему до прибытия ударной волны; внешняя же поверхность сооружения будет в этот момент испытывать действие нагрузки ударной волны. Для упрощения расчетов предполагается, как это было сделано выше, что одна сторона сооружения обращена в сторону взрыва и перпендикулярна направлению распространения ударной волны. Эта сторона называется передней стенкой сооружения. Ниже построены графики нагрузок: а) для передней

стенки; б) для боковых стенок и крыши и в) для задней стенки. Суммируя величины средних нагрузок, действующих на переднюю и заднюю стенки, получаем результирующую горизонтальную нагрузку.

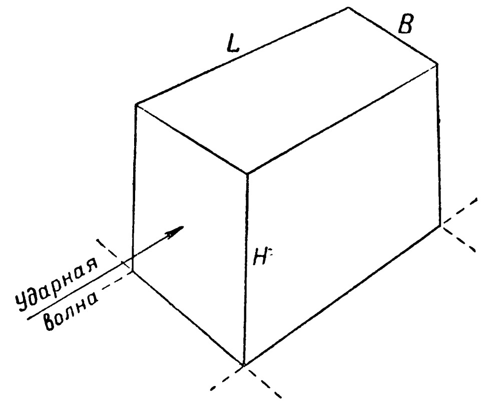


Рис. 4.80. Схема замкнутого прямоугольного сооружения

4.81. а) **Средняя нагрузка на переднюю стенку.** Вначале определяют давление отражения p_r. Оно соответствует давлению в момент времени $t=0$, когда фронт ударной волны достигает передней стенки (рис. 4.81). Затем вычисляют время t_s, в течение которого впервые возникает застойное давление p_s. На основе лабораторных исследований было установлено, что t_s может быть с достаточной степенью точности определено из выражения

$$t_s = \frac{3S}{U},$$

где S равно H или $\frac{B}{2}$ (берется меньшая из этих величин). Коэффициент торможения для передней стенки равен единице, поэтому давление торможения здесь равно скоростному напору. Тогда застойное давление равно

$$p_s = p(t_s) + q(t_s),$$

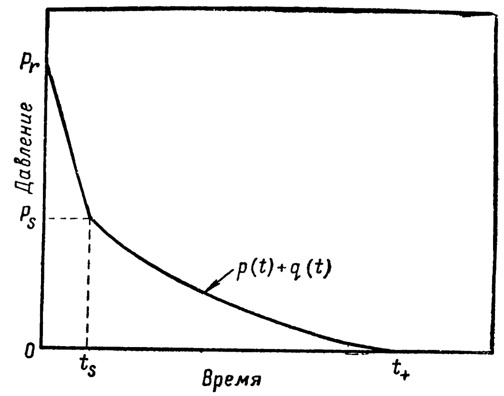


Рис. 4.81. Средняя нагрузка на переднюю стенку замкнутого прямоугольного сооружения

где $p(t_s)$ и $q(t_s)$ представляют собой соответственно избыточное давление и скоростной напор в момент времени t_s. Затем давление со временем падает, и в момент времени t оно равно

$$p_t = p(t) + q(t),$$

где t — любое время в промежутке между значениями t_s и t_+. Таким образом, изменение давления во времени для передней стенки может быть представлено в виде графика, изображенного на рис. 4.81.

4.82. б) **Средняя нагрузка на боковые стенки и крышу.** Хотя нагрузка начинает действовать сразу же после того как ударная

волна достигает передней стенки, т. е. в момент времени $t=0$, боковые стенки и крыша сооружения остаются не полностью нагруженными до тех пор, пока фронт ударной волны не пройдет расстояние L, т. е. когда время $t=\frac{L}{U}$. Среднее давление p_a в этот момент равно сумме избыточного давления и нагрузки торможения на расстоянии $\frac{L}{2}$ от передней стенки сооружения; тогда

$$p_a = p\left(\frac{L}{2U}\right) + C_d q\left(\frac{L}{2U}\right).$$

Значения коэффициента торможения на боковых стенках и крыше сооружения приводятся в таблице 4.82. Таким образом, как

Таблица 4.82

Значения коэффициента торможения для наземных сооружений прямоугольной формы

Величина скоростного напора	Значение коэффициента торможения (на боковых стенках, крыше и задней стенке)
0—1,7	—0,4
1,7—3,5	—0,3
3,5—9,1	—0,2

показано на рис. 4.82, средняя нагрузка увеличивается от нуля при $t=0$ до величины p_a в момент времени $\frac{L}{U}$. После этого давление в любой момент времени t может быть найдено из выражения

$$p_t = p\left(t-\frac{L}{2U}\right) + C_d q\left(t-\frac{L}{2U}\right),$$

где t, как это показано на рис. 4.82, находится в интервале между $\frac{L}{U}$ и $t_+ + \frac{L}{2U}$. Избыточное давление и скоростной напор соответственно берутся для момента времени $t-\frac{L}{2U}$.

4.83. в) **Средняя нагрузка на заднюю стенку.** Фронт ударной волны достигает задней стенки в момент времени $\frac{L}{U}$, но, для того чтобы давление увеличилось до значения p_b, требуется еще дополнительное время $\frac{4S}{U}$ (рис. 4.83). Здесь, как и раньше, S равно H или $\frac{B}{2}$ (берется меньшая из этих величин). Значения коэффициента торможения на задней стенке приводятся в таблице 4.82,

а давление в любой момент времени после того, как оно достигает величины $p_в$, может быть найдено из выражения

$$p_t = p\left(t-\frac{L}{U}\right) + C_d q\left(t-\frac{L}{U}\right),$$

где t, как это видно на рисунке 4.83, находится в интервале между $\frac{L+4S}{U}$ и $t_+ + \frac{L}{U}$.

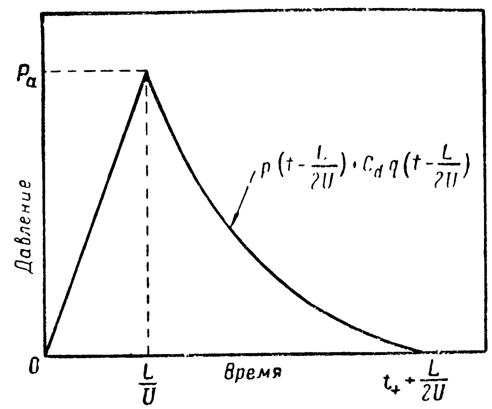


Рис. 4.82. Средняя нагрузка на боковые стенки и крышу замкнутого прямоугольного сооружения

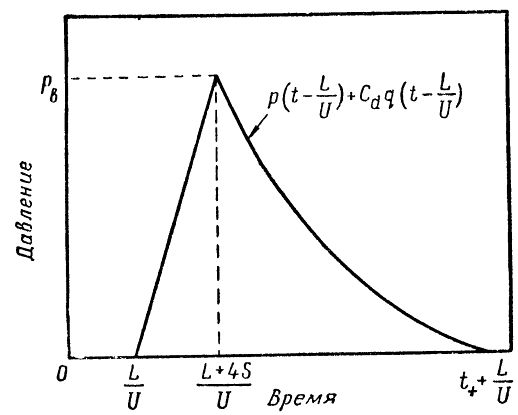


Рис. 4.83. Средняя нагрузка на заднюю стенку замкнутого прямоугольного сооружения

4.84. г) **Результирующая горизонтальная нагрузка.** Результирующая горизонтальная нагрузка равна разности нагрузок на переднюю и заднюю стенки. Определение этой разности лучше всего производить графически, как это показано на рис. 4.84. На ри-

сунке с левой стороны построены графики нагрузок отдельно на переднюю и заднюю стенки. Разность нагрузок, изображенная заштрихованной частью, переносится затем на правую сторону графика, на котором и определяется величина результирующего

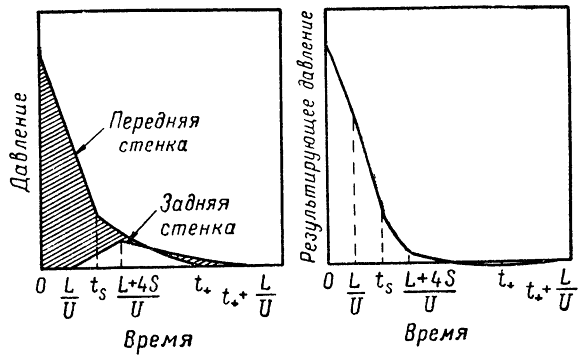


Рис. 4.84. Результирующая горизонтальная нагрузка на замкнутое прямоугольное сооружение

давления. Это необходимо для определения реакции каркасных сооружений, тогда как реакция стенок определяется главным образом величиной нагрузок на каждую отдельную стенку.

Частично открытые прямоугольные сооружения

4.85. К этому типу относятся сооружения, у которых передняя и задняя стенки имеют отверстия или оконные проемы, составляющие около 30% всей площади, и которые совершенно не имеют никаких внутренних перегородок, оказывающих влияние на распространение ударной волны. Как и в предыдущем случае, нагрузка определяется отдельно: а) для передней стенки; б) для боковых стенок и крыши; в) для задней стенки и г) результирующая горизонтальная нагрузка. Ввиду того что в этом случае ударная волна может проникать внутрь сооружения, графики зависимости нагрузки от времени должны применяться как для внешних, так и для внутренних сторон сооружения.

4.86. а) **Средняя нагрузка на переднюю стенку.** Нагрузка на переднюю сторону сооружения определяется тем же способом, как и для замкнутых сооружений, за исключением того, что величина S заменяется величиной S', которая является средним расстоянием (для всей передней стенки в целом) от центра секции передней стенки до края отверстия или проема в ней. Величина этого расстояния составляет среднее расстояние, которое должны пройти на передней стенке волны разрежения, чтобы уменьшить отраженное давление до величины застойного давления.

4.87. Давление на внутреннюю поверхность передней стенки начинает возрастать в момент времени, равный нулю, так как ударная волна немедленно проникает внутрь сооружения через

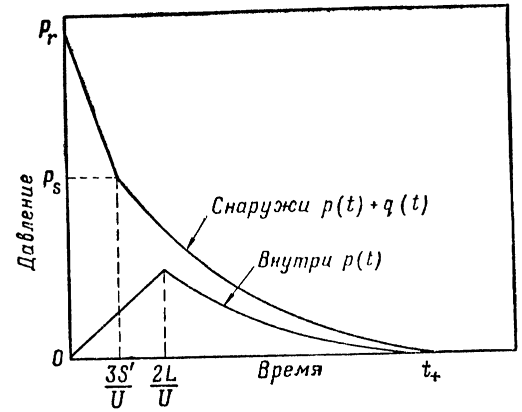


Рис. 4.87. Средняя нагрузка на переднюю стенку частично открытого прямоугольного сооружения

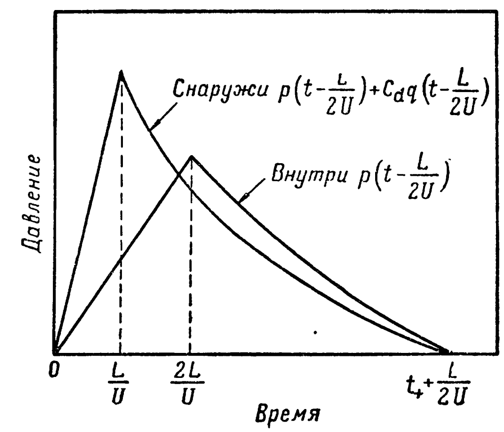


Рис. 4.88. Средняя нагрузка на боковые стенки и крышу частично открытого прямоугольного сооружения

имеющиеся отверстия; однако, для того чтобы давление достигло значения избыточного давления ударной волны, необходимо время, равное $\frac{2L}{U}$. Следовательно, внутреннее давление в любой момент времени t равно $p(t)$. При этом допускается, что действие скоростного напора на внутренние поверхности сооружения ничтожно. Изменение внутреннего и наружного давления во времени показано на рис. 4.87.

4.88. б) **Средняя нагрузка на боковые стенки и крышу.** Наружное давление определяется так же, как и для замкнутого сооружения; однако, для того чтобы внутреннее давление достигло величины избыточного давления ударной волны, необходимо, как и для случая передней стенки, время $\frac{2L}{U}$. При этом величиной скоростного напора на внутренние поверхности также можно пренебречь. Графики изменения нагрузок изображены на рис. 4.88.

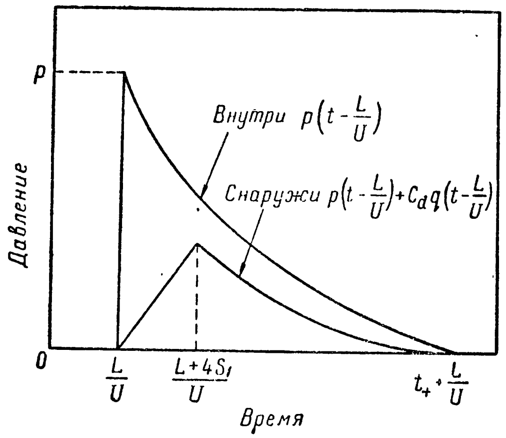


Рис. 4.89. Средняя нагрузка на заднюю стенку частично открытого прямоугольного сооружения

4.89. в) **Средняя нагрузка на заднюю стенку.** Наружное давление определяется так же, как и для замкнутого сооружения, за исключением того, что величина S, как и выше, заменяется величиной S_1. Внутреннее давление, отраженное от внутренней поверхности задней стенки, достигает величины избыточного давления ударной волны в момент времени $\frac{L}{U}$, а затем падает до величины $p\left(t-\frac{L}{U}\right)$; как и раньше, величина скоростного напора считается ничтожной (рис. 4.89).

4.90. г) **Результирующая горизонтальная нагрузка.** Результирующая горизонтальная нагрузка равна разности результирующей нагрузки на переднюю стенку снаружи и внутри и результирующей нагрузки на заднюю стенку.

Открытые каркасные сооружения

4.91. Сооружения, в которых отдельные небольшие элементы подвергаются действию ударной волны, например мосты со сквозными фермами, могут рассматриваться как открытые каркасные сооружения. Административные здания со стальным каркасом с большой площадью остекленных поверхностей, а также промышленные здания с асбестовыми, легкими стальными или алюминиевыми стенными панелями быстро превращаются в открытые каркасные сооружения после воздействия на них ударной волны.

4.92. Величину нагрузки, которую до своего разрушения передает каркасу хрупкий материал, из которого сделаны стены, определить трудно. Для стен, сделанных из стекла, передаваемая каркасу нагрузка, под действием которой разбиваются стекла, считается ничтожной. Для стен, сделанных из асбестовых плит, волнистой стали или алюминия, приблизительная величина нагрузки, передаваемой на каркас, эквивалентна импульсу $2{,}8 \cdot 10^{-3}$ кгсек/см². В зависимости от размеров и прочности панелей они, по-видимому, не разрушаются, если максимальное избыточное давление меньше 0,14 кг/см². В этом случае на каркас передается полная нагрузка от ударной волны.

4.93. Другой трудностью при расчете нагрузок на открытые каркасные сооружения является определение нагрузок на каждый отдельный элемент конструкции в процессе обтекания его ударной волной. Ввиду того что этот процесс для различных элементов сооружения протекает в разное время и на него оказывает влияние экранирование одного элемента другими прилегающими к нему элементами, все решение этого вопроса должно быть упрощено. Рекомендуемое здесь упрощение заключается в том, что возникающая нагрузка рассматривается как импульс, величина которого определяется следующим образом. Импульс нагрузки от избыточного давления определяется для среднего элемента, рассматриваемого как замкнутая система, а затем величина этого импульса умножается на число элементов. Результирующий импульс при этом считается приложенным к сооружению в момент соприкосновения фронта ударной волны с сооружением или он разделяется на два импульса для передней и задней стенок, на которых расположено большинство элементов конструкции (рис. 4.95).

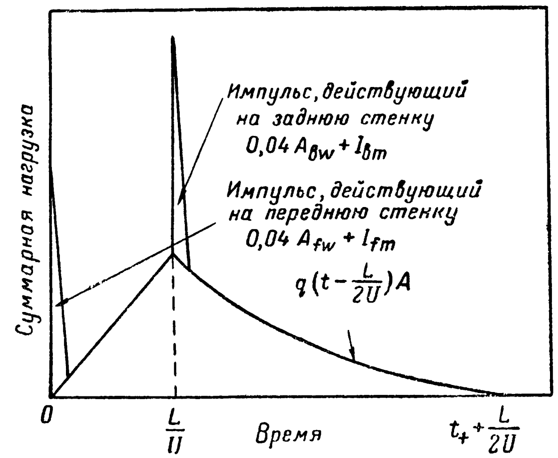


Рис. 4.95. Результирующая горизонтальная нагрузка на открытое каркасное сооружение

4.94. Основной нагрузкой на открытое каркасное сооружение является нагрузка торможения. Для отдельных открытых элементов конструкции, имеющих двутавровое, швеллерное и уголковое

поперечное сечение, а также для элементов с прямоугольным поперечным сечением коэффициент торможения приблизительно равен 1,5. Однако ввиду того что в каркасных конструкциях различные элементы частично экранируют друг друга от действия полной нагрузки ударной волны, средний коэффициент торможения для всего каркаса в целом уменьшается до 1,0. Таким образом, сила F, т. е. давление, умноженное на площадь, действующая на отдельный элемент конструкции, определяется выражением

$$F\ (\text{элемента}) = C_d \cdot q\,(t) \cdot A_i,$$

где $C_d = 1{,}5$, а A_i — площадь проекции элемента конструкции на плоскость, перпендикулярную направлению распространения ударной волны. Однако при нагрузке, приложенной ко всему каркасу, эта сила будет равна

$$F\ (\text{каркаса}) = C_d \cdot q\,(t) \sum A_i,$$

где $C_d = 1{,}0$, а $\sum A_i$ — суммарная площадь проекции всех элементов каркаса. Следовательно, результат может быть записан в виде F (каркаса) $= q(t)A$, где $A = \sum A_i$.

4.95. Изменение нагрузки (силы) во времени для каркаса длиной L, основные элементы которого находятся в плоскостях передней и задней стенок, показано на рис. 4.95. Обозначения A_{fw} и A_{bw}, приводимые на рисунке, представляют собой соответственно площади передней и задней стенок, которые передают нагрузку на каркас до своего разрушения; величины I_{fm} и I_{bm} представляют собой импульсы нагрузок от избыточного давления соответственно на элементы передней и задней стенок. Из рисунка можно увидеть, что сила торможения не достигает своей полной величины $q\left(\frac{L}{2U}\right)$ до тех пор, пока не пройдет время $\frac{L}{U}$, т. е. до момента, когда ударная волна достигнет конца сооружения.

Сооружения цилиндрической формы

4.96. Рассматриваемые ниже случаи ограничены величиной максимального избыточного давления менее 1,7 кг/см^2 и применимы к сооружениям, имеющим круглое поперечное сечение, например к телефонным столбам и дымовым трубам. Их также можно применить к сооружениям арочного типа, имеющим полукруглое поперечное сечение, например к заглубленным сооружениям типа землянок, а также в грубом приближении к куполообразным или сферическим сооружениям.

4.97. Предлагаемые здесь методы применимы к цилиндрическим (или полуцилиндрическим) сооружениям, ось которых перпендикулярна направлению распространения ударной волны. При

этом графики зависимости величины давления от времени строятся для сооружений арочного типа с полукруглым поперечным сечением. Данные, получаемые с помощью этих графиков, могут быть применены и к цилиндрическим сооружениям, поскольку последние состоят из двух полуцилиндрических частей, каждая из которых испытывает одинаковую нагрузку. Действие ударной волны на такое сооружение схематически изображено на рис. 4.97. Здесь

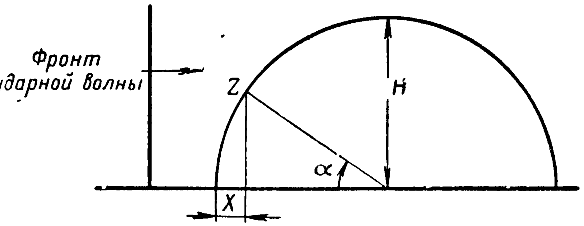


Рис. 4.97. Схема полуцилиндрического сооружения

H — высота дуги (или радиус цилиндра); Z — любая точка на поверхности сооружения; α — угол между горизонтальной (или исходной) линией и линией, соединяющей точку Z с центром полукруга; X — расстояние по горизонтальной оси (в направлении распространения ударной волны) между точкой пересечения дуги с горизонтальной осью и проекцией произвольной точки Z на эту ось, это расстояние равно $H\,(1 - \cos\alpha)$.

4.98. Когда идеальная ударная волна достигает плоской поверхности сооружения, давление на эту поверхность мгновенно увеличивается до величины давления отражения, а затем оно падает до величины застойного давления. Однако в случае округленных поверхностей сразу же после отражения ударной волны возникают вихревые потоки, так что еще до образования застойного давления может произойти умеренно резкий спад давления. Общий характер изменения давления во времени в любой точке поверхности сооружения Z показан на рис. 4.98. Фронт ударной волны достигает основания дуги в момент времени $t=0$, и время, в течение которого этот фронт достигает точки Z, независимо от того, находится ли эта точка на передней или

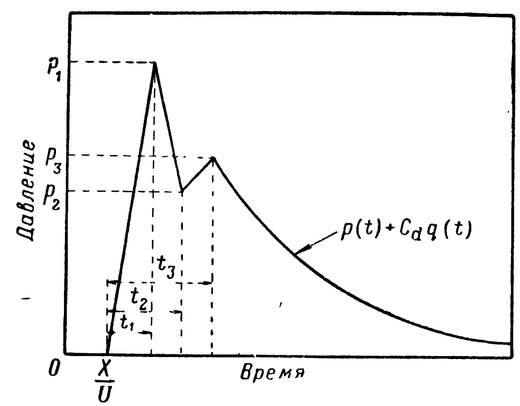


Рис. 4.98. Изменение давления в точке полуцилиндрического сооружения (в зависимости от времени)

задней сторонах сооружения, составляет $\frac{X}{U}$. Поэтому в течение времени t_1 избыточное давление резко повышается до величины давления отражения p_1; по этой причине t_1 можно считать временем нарастания давления. Образование вихревых потоков вызывает спад давления до величины p_2, за которым снова следует повышение давления до значения застойного давления p_3. Следовательно, спад давления, равного $p(t)+C_d\cdot q(t)$, где C_d — соответствующий коэффициент торможения, происходит обычным способом.

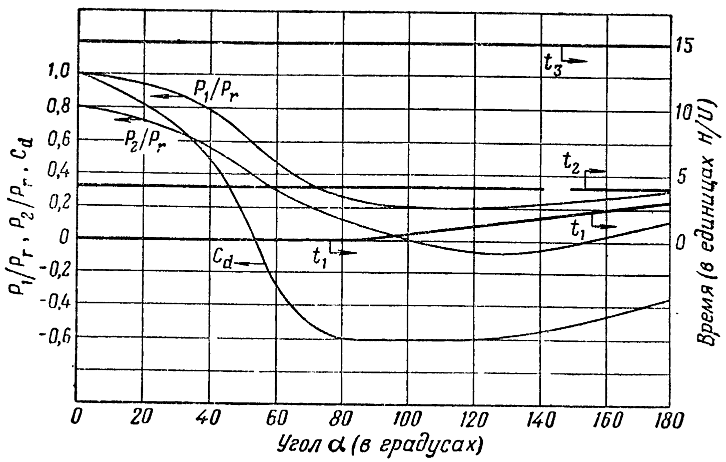


Рис. 4.99. Изменение отношений величины давления, коэффициента торможения и времени для полуцилиндрического сооружения

4.99. Зависимость величины давления p_1 и p_2, а также коэффициента торможения C_d от угла α показана на рис. 4.99. На графиках значения давления даются в виде их отношения к величине p_r, представляющей собой идеальное давление отражения на плоской поверхности. При $\alpha=0$, т. е. у основания дуги, величина p_1 равна p_r, а для значений α, больших нуля, величина p_1 меньше p_r. На рис. 4.99 приводятся также значения времени возрастания давления t_1 и значения промежутков времени t_2 и t_3, соответствующие моменту времени образования вихревых потоков и застойного давления после достижения ударной волной основания дуги. Эти значения времени выражены в единицах, соответствующих отношению $\frac{H}{U}$. Как видно из рисунка, для передней половины дуги время возрастания равно нулю, т. е. при значении α, равным 0—90°; для задней же половины время возрастания имеет определенное значение и возрастает с увеличением угла α, т. е. при его значениях, равных 90—180°. Значения времени t_2 и t_3 не зависят от величины угла α.

4.100. Поскольку с помощью вышеприведенной методики определяются нагрузки, перпендикулярные поверхности в любой произвольной точке Z, результирующая горизонтальная нагрузка не может быть при этом определена посредством простого вычитания величины нагрузки, действующей на заднюю сторону, из величины нагрузки, действующей на переднюю сторону сооружения. Для определения результирующей горизонтальной нагрузки необходимо просуммировать горизонтальные составляющие нагрузок отдельно для передней и задней поверхностей, а затем определить разность этих сумм. На практике в тех случаях, когда результирующая горизонтальная нагрузка является важным параметром, для получения требуемого результата используют метод приближенного расчета. Следует отметить, что в некоторых случаях, особенно для массивных сооружений, более важным критерием степени повреждения является местная, а не результирующая нагрузка.

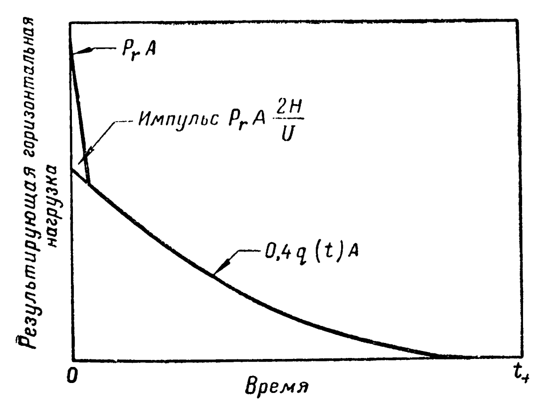


Рис. 4.101. Приближенная кривая зависимости результирующей горизонтальной нагрузки на полуцилиндрическое сооружение от времени

4.101. При использовании метода приближенного определения результирующей нагрузки величина нагрузки избыточного давления во время фазы обтекания считается эквивалентной начальному импульсу, равному $p_r\cdot A\left(\frac{2H}{U}\right)$, где A — площадь проекции элемента конструкции на плоскость, перпендикулярную направлению распространения ударной волны. Следует заметить, что величина $\frac{2H}{U}$ представляет собой время, необходимое для того, чтобы фронт ударной волны прошел путь вдоль всей поверхности сооружения. Для принятых ранее величин избыточного давления, представляющих практический интерес, т. е. меньших 1,7 кг/см², коэффициент торможения отдельного цилиндра равен примерно 0,4. Следовательно, к величине начального импульса необходимо прибавить оставшуюся часть результирующей горизонтальной нагрузки, величина которой для одиночных сооружений, как это видно из рис. 4.101, равна $0{,}4\cdot q(t)A$. В том случае когда каркас сооружения сделан из элементов, имеющих круглое поперечное сечение, определение нагрузки производится с помощью тех же методов, какие применяются для открытых каркасных сооружений (п. 4.94); при этом величина C_d принимается равной 0,2.

ГЛАВА 5

РАЗРУШЕНИЯ И ПОВРЕЖДЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ВОЗДУШНЫМ ВЗРЫВОМ

ВВЕДЕНИЕ

5.01. В предшествующих двух главах были рассмотрены общие закономерности воздушного взрыва и его воздействие на сооружения. В настоящей главе будет дано описание разрушений и повреждений, причиняемых ядерным взрывом различным строениям, мостам, коммунальным сооружениям и транспортным средствам. Часть сведений по этому вопросу, особенно касающихся крупных сооружений, была получена в результате обследований, произведенных в Хиросиме и Нагасаки. Над каждым из этих городов были взорваны ядерные бомбы мощностью примерно в 20 килотонн и на высоте около 560 м. Позднее эти сведения были дополнены данными, полученными при различных испытаниях, особенно при испытаниях, проведенных на полигоне в штате Невада (США).

5.02. Прежде чем перейти к подробному описанию поведения определенных видов сооружений, следует обратить внимание на важное различие в действии ядерных и обычных взрывов. При ядерном взрыве сочетание большой величины максимального избыточного давления, высокого скоростного напора и большой длительности положительной фазы (фазы сжатия) ударной волны приводит к массовому разрушению сооружений, подобно наблюдаемому при землетрясениях и ураганах. Обычный взрыв, как правило, повреждает лишь часть крупного сооружения; ударная волна ядерного взрыва может воздействовать на сооружения со всех сторон и разрушить их полностью.

5.03. Обследование в Японии районов, подвергшихся атомной бомбардировке, показывает, что небольшие каменные здания были поглощены движущейся ударной волной и полностью уничтожены. Легкие сооружения и жилые дома были полностью разрушены в результате взрыва и уничтожены затем огнем. У промышленных зданий были сорваны крыши, разрушены стены и уцелели лишь исковерканные фермы и каркасы. Почти все постройки, находившиеся в районе взрыва, за исключением некоторых железобетонных сооружений, в том числе заводских труб, были разрушены. Отдельные здания, как будто бы под напором колоссальной силы ветра, наклонились в сторону от эпицентра. Телефонные столбы были сломаны у самой земли и вместе с проводами отброшены в сторону. Ударной волной были разрушены и смяты большие газгольдеры.



Рис. 5.05. Разрушения, вызванные ядерным взрывом в Хиросиме

5.04. Многие здания, которые издали казались нетронутыми, при осмотре оказались сильно поврежденными взрывом и опустошенными пожарами, которые являются неизбежным следствием ядерных взрывов. Иногда пожары вызывались непосредственно воздействием светового излучения, но в ряде других случаев они возникали вследствие разрушения топок и печей, а также от повреждений газовых магистралей.

Значительные масштабы повреждений, вызываемых пожарами, связаны также с разрушением водопровода, что усложняет борьбу с пожарами.

5.05. Очень важным последствием действия ядерного взрыва является образование большого количества летящих предметов: кирпичей, кусков дерева, стекла, металла и т. п. Эти предметы наносят дополнительные повреждения сооружениям и поражения людям. Кроме того, большое количество образующихся при взрыве обломков загромождает улицы, исключительно осложняя проведение спасательных и противопожарных мероприятий (рис. 5.05).

5.06. Следует отметить, что многие сооружения в Японии по своей конструкции являются антисейсмическими. В этом отношении они, по-видимому, более прочны, нежели подобные постройки в США. С другой стороны, некоторые японские сооружения являются постройками более легкого типа, нежели в США. Тем не менее, вопреки распространенному мнению о непрочности японских жилых домов, группа архитекторов и инженеров, обследовавших разрушения, вызванные в Японии ядерными взрывами, пришла к выводу, что устойчивость к ядерному взрыву американских жилых домов не будет заметно отличаться от устойчивости зданий в Хиросиме и Нагасаки. Такой вывод был подтвержден при изучении результатов ядерных испытаний, проведенных в штате Невада в 1953 и 1955 годах.

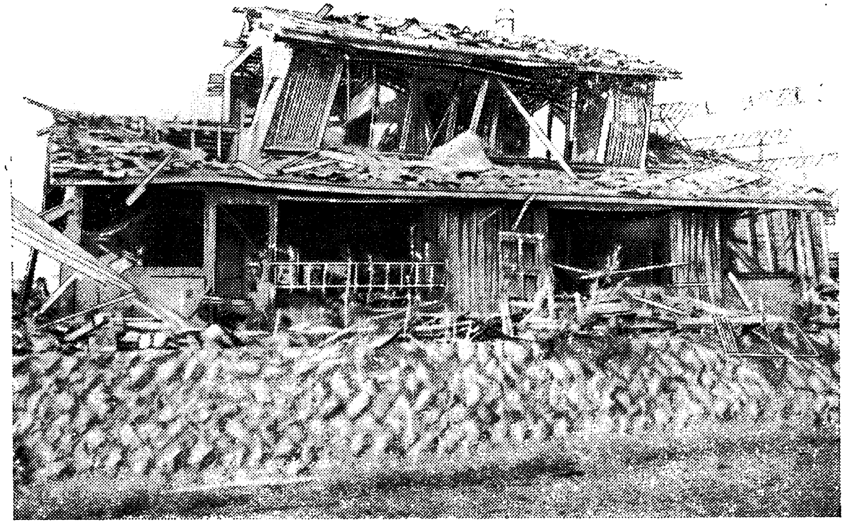
5.07. В последующих разделах настоящей главы дается описание разрушений трех основных видов сооружений: 1) жилые, промышленные, торговые и административные здания и мосты; 2) транспорт, включая автомобили и другие транспортные средства, железнодорожный транспорт и оборудование, самолеты, суда и т. д.; 3) коммунальные сооружения и предприятия, в том числе энергосистемы, системы газо- и водоснабжения, оборудование связи.

Данные о максимальном избыточном давлении и скоростном напоре представляют собой величины, вычисленные для взрывов (в Японии) или испытании (в Неваде) ядерного оружия килотонного диапазона мощностей. Для взрывов, мощность которых измеряется в мегатоннах, величина скоростного напора, необходимая для достижения того же эффекта на цели, может быть меньше (п. 5.74).

ЗДАНИЯ И ИХ ОБОРУДОВАНИЕ

Жилые здания

5.08. В японских городах, подвергшихся ядерному нападению, имелось много жилых домов с деревянным каркасом и стенами из необожженного кирпича. Однако очень большая часть таких построек была уничтожена пожарами, вследствие чего удалось собрать крайне мало информации о том, какие повреждения получили эти постройки от воздействия ударной волны. Можно полагать, что, хотя качество работы при возведении каркасов этих домов, как правило, было хорошее, недостаточно внимания уделялось соблюдению инженерных принципов. Как следствие, в целом такие строения оказывались недостаточно устойчивыми против воздействия взрыва. Например, слабым местом в конструкции японских жилых домов являлись соединения в шип, равно как и вообще все соединения строений. Бревна часто ослаблялись врубками больше, чем это требовалось, соединения производились не там, где надо, что приводило к ослаблению всей конструкции (рис. 5.08).



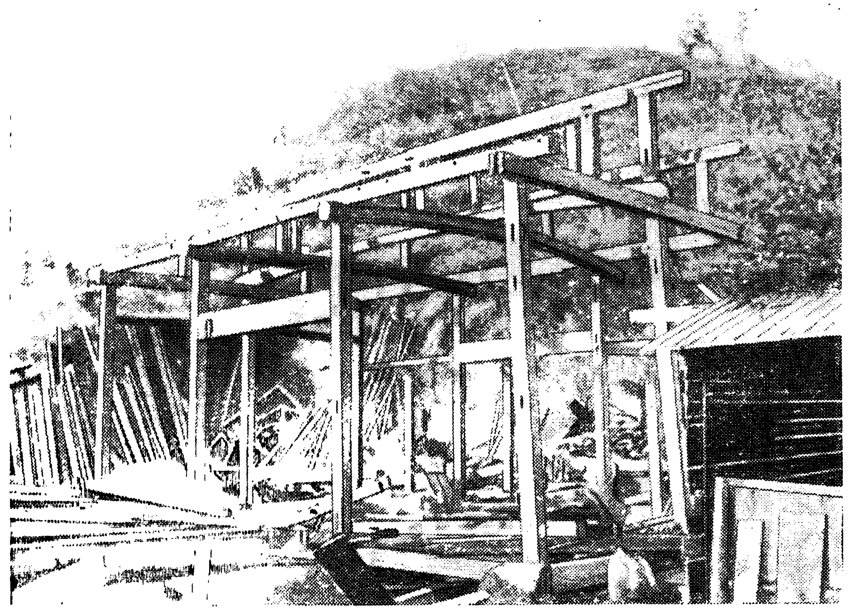


Рис. 5.08. Верхний фотоснимок — разрушение дома с деревянным каркасом в Хиросиме (1,6 км от эпицентра взрыва); нижний фотоснимок — каркас жилого дома, конструкция которого свидетельствует о его небольшой прочности

5.09. В Нагасаки жилые дома были разрушены полностью на расстоянии до 2250 м от эпицентра, где максимальное избыточное давление составляло примерно 0,21 кг/см². Большие повреждения наблюдались на расстоянии до 2550 м. На расстоянии около 2700 м, где максимальное избыточное давление составляло примерно 0,14 кг/см², были повреждены крыши, стены и перегородки, но строения остались пригодными для использования после среднего ремонта.

5.10. Большое количество данных о действии ударной волны на жилые дома различных типов было получено в результате испытаний, проведенных на полигоне в штате Невада в 1953 году и в особенности в 1955 году. Во время испытаний 17 марта 1953 года было взорвано ядерное устройство, установленное на башне высотой в 90 м; мощность взрыва была около 16 килотонн. При испытании в мае 1955 года взрыв был произведен на башне высотой в 150 м. Мощность взрыва была примерно 29 килотонн. В каждом случае проводилось измерение избыточного давления в ударной волне, что позволяло, где это вызывалось необходимостью, устанавливать соотношение между разрушениями, произведенными ударной волной в целом, и действием только максимального избыточного давления.

5.11. Главной целью испытаний жилых строений было: 1) выявить элементы конструкции зданий, наиболее подверженные разрушению при действии ударной волны, и разработать методы усиления этих конструкций; 2) получить данные о степени возможных разрушений жилых зданий при ядерных взрывах и оценить возможность приведения их в годное для жилья состояние без капитального ремонта; 3) определить, каким путем люди, остающиеся в домах во время ядерного нападения, могут быть защищены от действия ударной волны и излучения. Здесь будут рассмотрены только два первых вопроса, поскольку данная глава посвящена главным образом описанию действия ударной волны.

Двухэтажный дом с деревянным каркасом

(испытания 1953 г.)

5.12. В испытаниях 1953 года использовались два почти одинаковых дома распространенного в США типа, расположенные на различных расстояниях от центра взрыва. Это были типичные двухэтажные дома с деревянным каркасом, имеющие подвал и кирпичный дымоход (рис. 5.12). Внутренние поверхности были оштукатурены, но неокрашены. Поскольку испытания предназначались для изучения действия ударной волны, были приняты меры к предохранению этих домов от пожара. Для отражения светового излучения внешние поверхности домов были окрашены в белый цвет. Дом, расположенный ближе к месту взрыва, вероятность воспламенения которого была больше, имел крышу из асбестовой черепицы, а расположенный дальше — из асфальтовой. Никакого оборудования для снабжения электричеством, водой и газом внутри домов не было.

5.13. Один из этих домов был расположен в зоне нерегулярного отражения, где максимальное избыточное давление в падающей волне составляло около 0,35 кг/см². На основе данных, полученных в Японии, можно было предположить, что этот дом будет почти полностью разрушен (что и произошло в действительности),

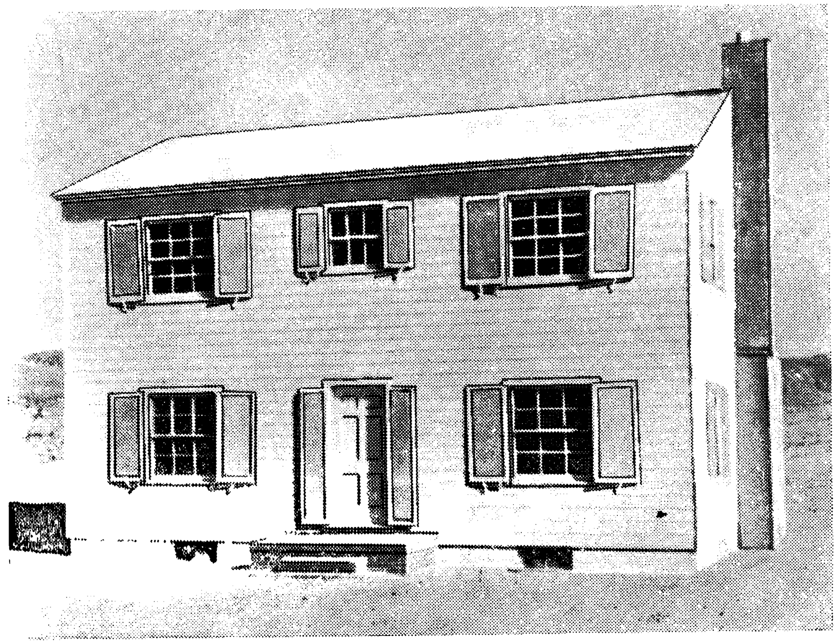


Рис. 5.12. Деревянный каркасный дом, построенный для испытаний на полигоне в штате Невада

но главная задача в данном случае заключалась в том, чтобы установить, может ли служить подвал данного дома убежищем для людей. Максимальное избыточное давление в ударной волне в районе второго дома, расположенного дальше от места взрыва, составляло 0,12 кг/см², а величина скоростного напора — 0,035 кг/см². Предполагалось, что этот дом подвергнется лишь частичному разрушению и испытания дадут возможность собрать необходимые сведения для улучшения конструкции.

5.14. Некоторые данные о повреждениях, причиненных взрывом дому, расположенному ближе к месту взрыва, могут быть получены из рис. 5.14. Вполне очевидно, что дом отремонтировать невозможно. Первый этаж полностью разрушен, а второй этаж,

получивший очень большие повреждения, рухнул на развалины первого этажа. Крыша дома сорвана, и отдельные ее части разбросаны впереди дома и позади него. Торцовые стены были разрушены и отброшены в стороны, кирпичный дымоход оказался разрушенным.

5.15. Стены подвала этого дома несколько пострадали в их верхней части выше уровня земли, главным образом с задней, более удаленной от взрыва, стороны. Стена, обращенная к взрыву, оказалась слегка вдавленной внутрь, но не была повреждена, если

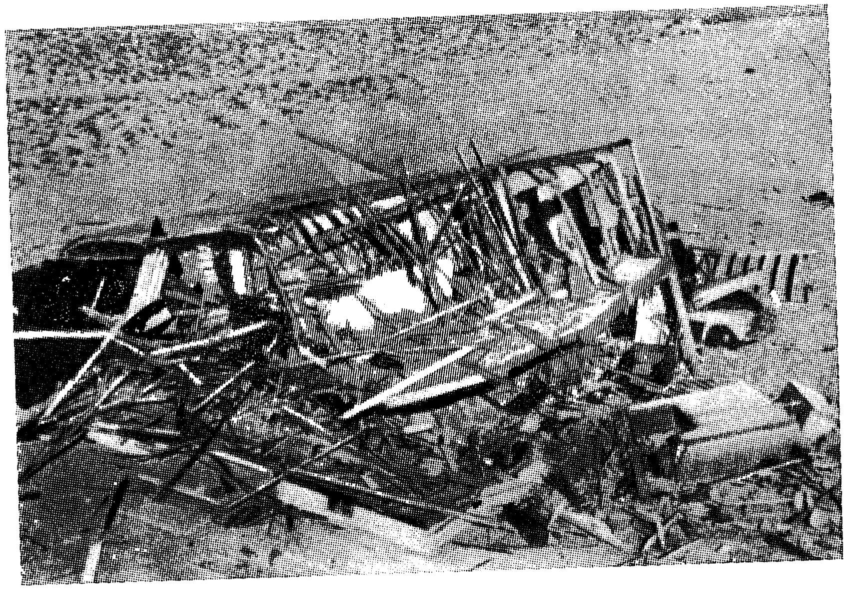


Рис. 5.14. Разрушение деревянного каркасного дома, вызванное ядерным взрывом (избыточное давление 0,35 кг/см^2)

не считать трещин у углов. Перекрытия подвала, являющиеся опорой первого этажа, оказались прогнутыми вниз, очевидно, вследствие разницы давления воздуха на первом этаже и в закрытом помещении подвала, а трубчатые стойки отклонились назад. Однако полное разрушение с образованием провала из первого этажа в подвальное помещение имело место только в нескольких местах. Остальная часть подвала была свободна от обломков, и оборудованные в нем убежища не были повреждены.

5.16. Второй дом, подвергшийся воздействию максимального избыточного давления в 0,12 кг/см^2, был сильно поврежден как внутри, так и снаружи, но устоял (рис. 5.16). Если бы в доме находились люди, они получили бы различные ранения, начиная с легких царапин от осколков стекла и кончая смертельными ранами от летящих обломков. Повреждению также подверглась бы

мебель и другие предметы, находящиеся в доме. Хотя полное восстановление дома стоило бы очень дорого, считается, что в условиях крайней необходимости он мог бы быть пригоден для использования после соответствующего ремонта дверей и окон и укрепления перекрытий над подвалом.

5.17. Наибольшему повреждению подверглись двери и окна этого дома, включая оконные переплеты и рамы. Парадная дверь

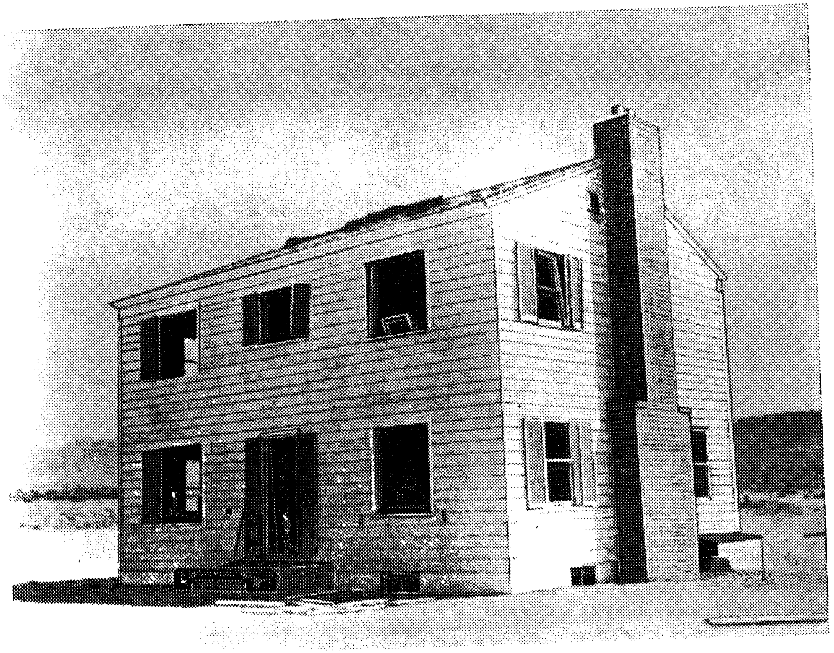


Рис. 5.16. Деревянный каркасный дом после ядерного взрыва (избыточное давление 0,12 кг/см^2)

была разбита совершенно, а двери кухни и подвала сорваны с петель. Внутренние двери были повреждены по-разному, причем меньше всего пострадали двери, оставленные перед взрывом открытыми. Оконные стекла во всем доме были выбиты, а рамы сорваны, особенно в передней части дома.

5.18. Основным повреждением на первом этаже было повреждение балок подвального перекрытия. Повреждения возникли главным образом в узлах в нижней части балок сечением 5×20 см, расположенных на расстоянии 40 см друг от друга. На большей части стоек передней стенки сечением 5×10 см, расположенных на расстоянии 40 см друг от друга, образовались трещины.

5.19. Второй этаж пострадал несколько меньше: оказались разбиты окна и потрескалась штукатурка. Повреждения крыши

состояли главным образом в поломке стропил (сечением 10×15 см и расположенных друг от друга на расстоянии 40 см). Со стороны, обращенной к взрыву, были повреждены почти все стропила, с задней стороны почти ни одно из стропил не было сильно повреждено. Крыша (длина ската которой от передней стены до конька составляла 4,3 м) несколько прогнулась у конька.

5.20. Подвал совершенно не пострадал, если не считать повреждений окон, входной двери и рамы. Убежища остались целыми.

Двухэтажный дом с деревянным каркасом
(испытания 1955 г.)

5.21. С учетом описанных выше результатов при испытаниях, проводившихся в 1955 году, в конструкцию двух подобных домов с деревянным каркасом были внесены изменения с целью усиления их прочности. Эти изменения, увеличивавшие стоимость постройки домов примерно на 10%, включали: улучшенную связь



Рис. 5.22. Деревянный каркасный дом усиленной конструкции после ядерного взрыва (избыточное давление 0,28 кг/см²)

наружных стен с фундаментом; замену трубчатых стоек в подвале железобетонными опорными перегородками; увеличение сечения и укрепление связей перекрытий первого этажа; замену дранки и штукатурки фанерой; увеличение сечения стропил (до 5×20 см) и стоек стен и улучшение крепления оконных рам в оконных проемах (путем забивки большего количества гвоздей).

5.22. Даже при наличии этих улучшений предполагалось, что при максимальном избыточном давлении, равном 0,35 кг/см², будет иметь место почти полное разрушение дома. Поэтому один из домов был построен в районе, где избыточное давление во фронте головной ударной волны составило бы 0,28 кг/см². Отчасти благодаря повышенной прочности, а также благодаря пониженному давлению ударной волны этот дом не обрушился (рис. 5.22). Однако он был настолько сильно разрушен, что использование его без проведения дорогостоящего и экономически нецелесообразного ремонта оказалось невозможным.

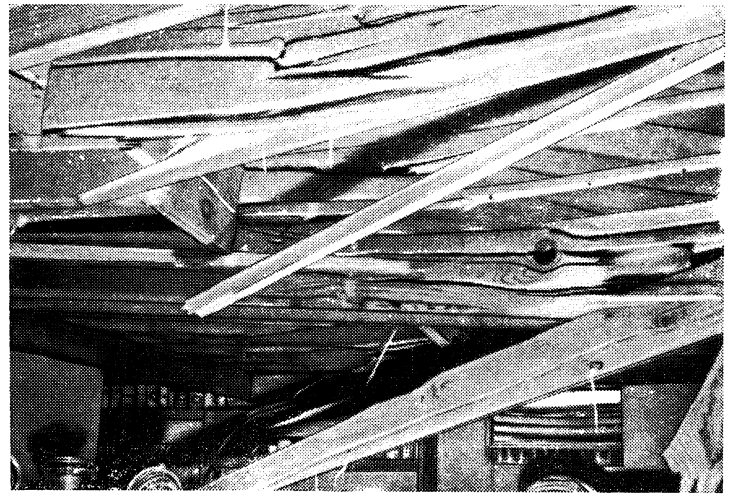


Рис. 5.24. Разрушение балок надподвального перекрытия деревянного каркасного дома усиленной конструкции в результате ядерного взрыва (избыточное давление 0,28 кг/см²)

5.23. Передняя половина крыши была разрушена примерно посредине, и весь каркас крыши обрушился на прогоны чердачного перекрытия. Задняя половина крыши была сорвана и отброшена примерно на 7,5 м от дома. Несмотря на увеличенное сечение стропил, на большей их части образовались продольные трещины.

5.24. В балках надподвального перекрытия образовались переломы и продольные трещины. Перекрытие удерживалось от обрушивания настилом пола, который не получил существенных повреждений (рис. 5.24). Второй этаж и потолок первого этажа пострадали мало, что свидетельствует о быстром выравнивании давления внутри здания. Это произошло главным образом в результате того, что почти все двери и окна в доме были выбиты взрывом. Верхняя часть дымохода обвалилась, а нижняя хотя и устояла, но в нескольких местах имела трещины.

5.25. Второй двухэтажный дом с каркасом усиленной конструкции был установлен в районе, где максимальное избыточное давление в головной ударной волне составляло примерно 0,18 кг/см². Это было значительно больше избыточного давления при испытаниях в 1953 году. Дом получил сравнительно большие повреждения, однако состояние его после взрыва было таково, что при необходимости его можно было использовать для жилья, произведя недорогой ремонт (рис. 5.25). Этот дом получил примерно

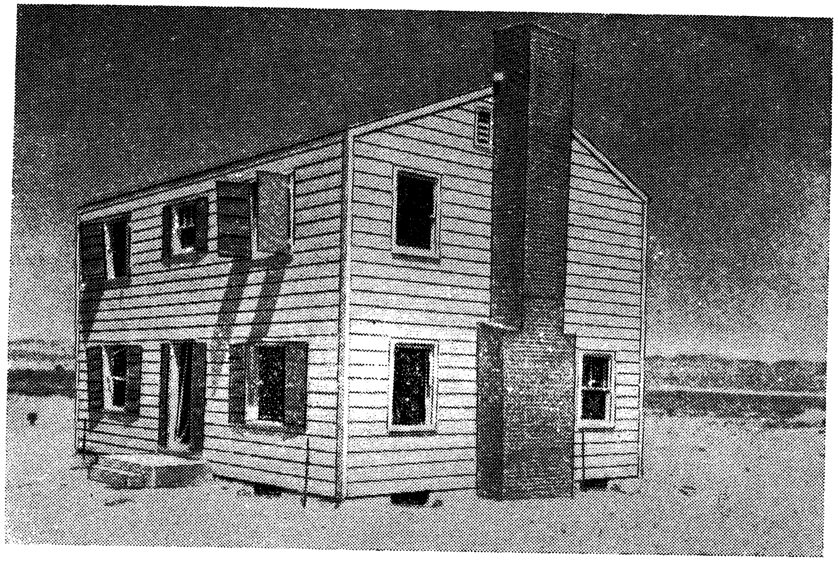


Рис. 5.25. Деревянный каркасный дом усиленной конструкции после ядерного взрыва (избыточное давление 0,18 кг/см²)

такие же по объему повреждения, какие наблюдались в аналогичных домах до усиления их конструкции при избыточном давлении 0,12 кг/см².

5.26. Помимо окон и дверей от взрыва серьезно пострадали каркас дома и особенно стропила крыши. Со стороны, обращенной к месту взрыва, оказалась оторванной карнизная доска, и можно предполагать, что при несколько большем давлении ударной волны могла быть сорвана вся крыша. Часть чердачного перекрытия была приподнята на несколько сантиметров, коньковый брус был сломан, а некоторые стропила расщеплены. Одна из центральных балок чердачного перекрытия была смещена, а часть фанерной обшивки потолка сорвана. Однако сами балки чердачного перекрытия пострадали относительно мало.

5.27. Междуэтажное перекрытие и стены первого этажа пострадали незначительно. На балках надподвального перекрытия образовались трещины и изломы, но, поскольку настил уцелел, в подвал не попало никаких обломков (рис. 5.27).

5.28. Деревянные оконные рамы в передней и боковых стенах дома были сорваны, отброшены внутрь и разбиты. Однако на

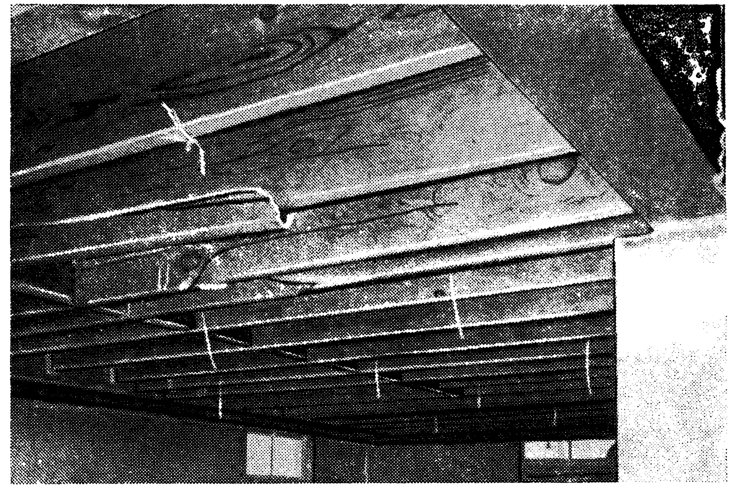


Рис. 5.27. Повреждение балок надподвального перекрытия дома с деревянным каркасом усиленной конструкции в результате ядерного взрыва (избыточное давление 0,18 кг/см²)

задней стене они пострадали меньше. Наружные двери были сорваны и отброшены внутрь, некоторые из внутренних дверей были сорваны с петель. Кирпичный дымоход не обрушился, но в нем в двух местах имелись трещины.

Двухэтажный кирпичный дом с несущими стенами

5.29. Для сравнения с данными, полученными во время испытаний с двухэтажными деревянными каркасными домами в 1953 году, в 1955 году были испытаны два аналогичных по размерам и планировке кирпичных дома обычной конструкции с несущими стенами при воздействии избыточного давления 0,35 и 0,12 кг/см² (рис. 5.29). Наружные стены и фундамент были выложены из шлакоблоков, а стены, кроме того, имели кирпичную облицовку. Полы, перегородки и несущая часть крыши были сделаны из дерева.

5.30. При избыточном давлении в 0,35 кг/см² кирпичный дом был совершенно разрушен и его ремонт был невозможен (рис. 5.30). При обрушивании наружных стен обломки в основном падали вне пределов дома, благодаря чему на перекрытия

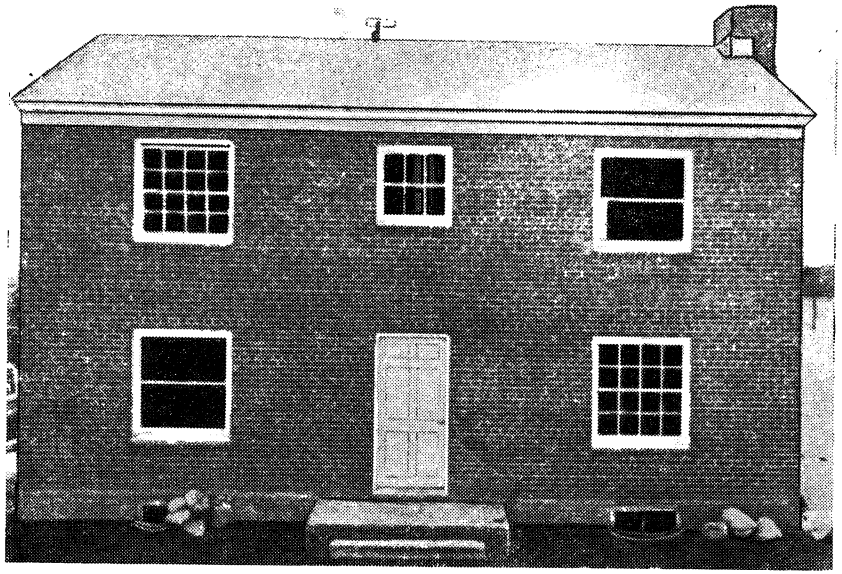


Рис. 5.29. Кирпичный дом на полигоне в штате Невада перед ядерным взрывом



Рис. 5.30. Разрушение кирпичного дома в результате ядерного взрыва (избыточное давление 0,35 кг/см²)

попало весьма мало обломков. Крыша была разрушена и сорвана, причем задняя часть ее упала в 15 м позади дома. Пол первого этажа частично обрушился в подвал через пролом, образовавшийся в результате разрушения надподвального перекрытия в центральной его части. Дымоход был разбит на несколько крупных частей.

5.31. Дом, находившийся дальше от места взрыва и подвергшийся воздействию избыточного давления в 0,12 кг/см², получил значительное повреждение. Однако его состояние позволяло после небольшого ремонта использовать его для заселения (рис. 5.31).

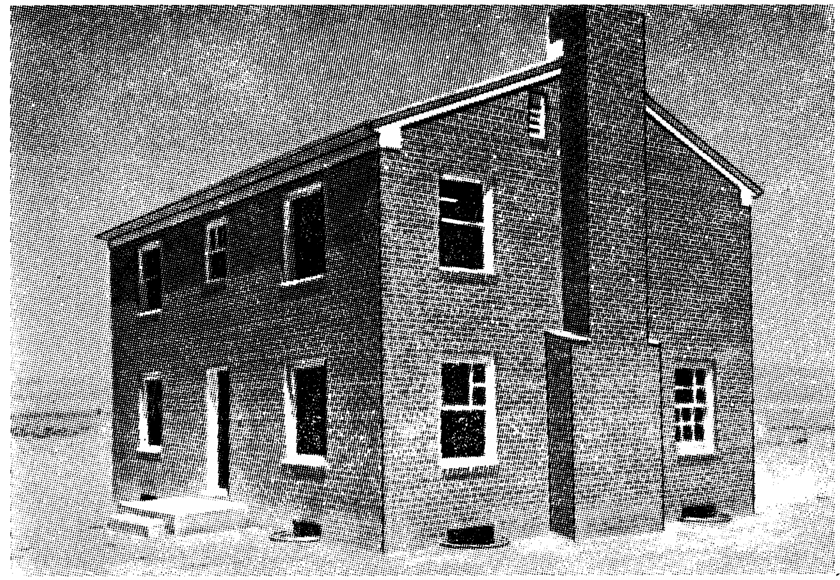


Рис. 5.31. Кирпичный дом после ядерного взрыва (избыточное давление 0,12 кг/см²)

5.32. Кирпичная кладка дома не имела каких-либо признаков повреждения, однако крыша и чердачное перекрытие серьезно пострадали. Связь между задними стропилами и коньковым брусом была нарушена, и стропила опустились на несколько сантиметров. Коньковый брус в средней части оказался надломленным; некоторые брусья обрешетки (сечением 5×10 см) были переломлены пополам. Балки в задней части чердачного перекрытия оказались смещенными; штукатурка потолка осыпалась. Междуэтажное перекрытие пострадало мало; некоторые балки подвального перекрытия были расколоты. Штукатурка внутренних поверхностей дома была сильно повреждена.

5.33. Окна фасадной и боковых стен были выбиты внутрь дома, однако окна задней стены пострадали гораздо меньше. Наружные двери были разрушены, часть внутренних дверей и двери шкафов были сорваны с петель.

Одноэтажный сборный дом с деревянным каркасом

5.34. На бетонных фундаментных плитах, уложенных на уровне с землей, были построены два одноэтажных сборных дома с деревянным каркасом. Дома были обычной конструкции, за исключением того, что в каждом из них имелось убежище в виде ванной комнаты с железобетонными стенами, полом и потолком. Убежище было снабжено защитной дверью и ставнями (рис. 5.34).

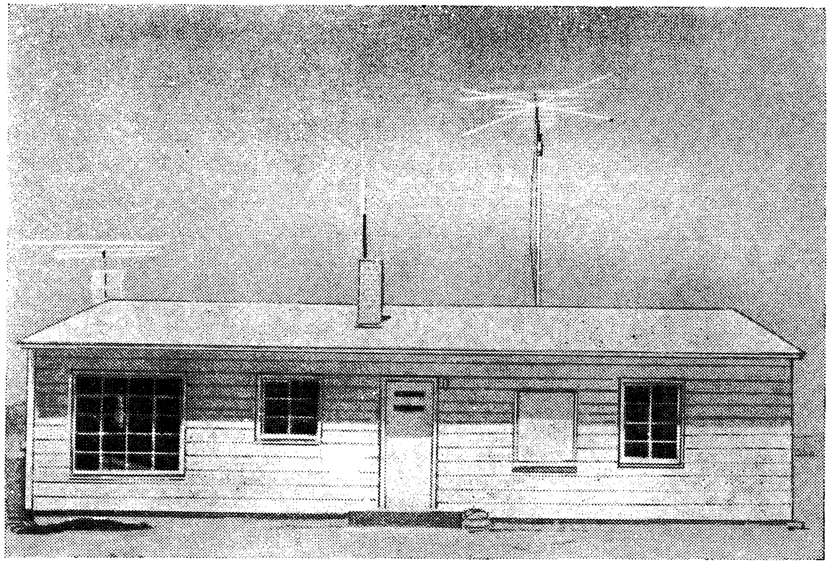


Рис. 5.34. Деревянный сборно-разборный дом перед ядерным взрывом на полигоне в штате Невада; справа (на месте окна ванной комнаты) видна защитная дверь

5.35. Дом, подвергшийся воздействию избыточного давления в 0,35 кг/см^2, был полностью разрушен. Но убежище-ванная совсем не пострадало. Хотя задвижка на защитной ставне была сорвана и ставня осталась незакрепленной, окно не было повреждено. Крыша была сорвана, стропила поломаны и расщеплены. Торцовые стены были отброшены наружу. Часть передней стены не обрушилась, но наклонилась в сторону взрыва (рис. 5.35).

5.36. Второй дом такого же типа при воздействии избыточного давления в 0,12 кг/см^2 больших повреждений не получил и легко мог быть отремонтирован. Окна этого дома были разбиты, двери



Рис. 5.35. Деревянный сборно-разборный дом после ядерного взрыва (избыточное давление 0,35 кг/см^2)

сорваны с петель, оштукатуренные стены и потолок были сильно повреждены. Главным повреждением была поломка конькового бруса и перекос каркаса. Крыша над террасой дома была приподнята на 15 см от своих опор.

Одноэтажный дом из бетонных панелей

5.37. В 1955 году был испытан также жилой дом, собранный из легких железобетонных стеновых панелей, соединяемых посредством сварки концов арматуры. Такие же железобетонные панели крыши прикреплялись к стенам при помощи специальных скрытых и зацементированных соединений. Стены дома опирались на бетонные столбы и бетонную фундаментную плиту, бетонирование которой производилось после возведения стен. Прочная связь между фундаментной плитой и стенами обеспечивалась при помощи уложенных по периметру этой плиты металлических стержней и болтов, которые вместо головок имели крюки; этими крюками болты цеплялись за стержни, другими концами они ввертывались во вкладыши стеновых панелей. В целом по своей конструкции дом отвечал требованиям сейсмической устойчивости (рис. 5.37).

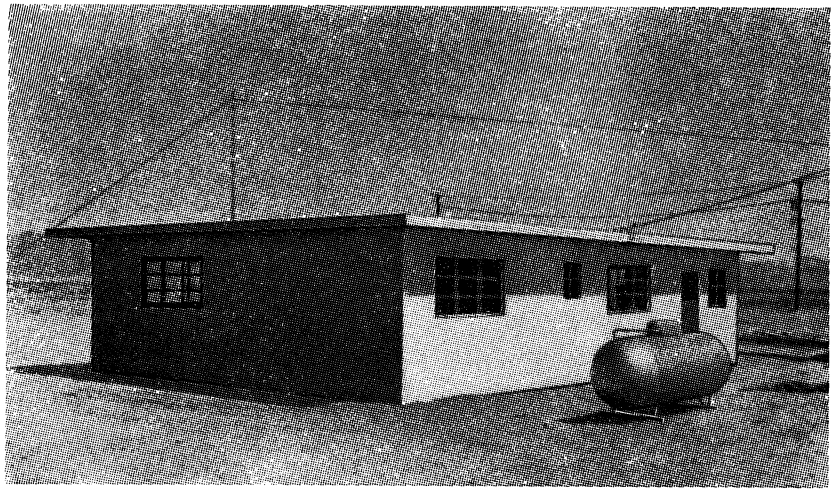


Рис. 5.37. Дом из железобетонных панелей до ядерного взрыва на полигоне в штате Невада

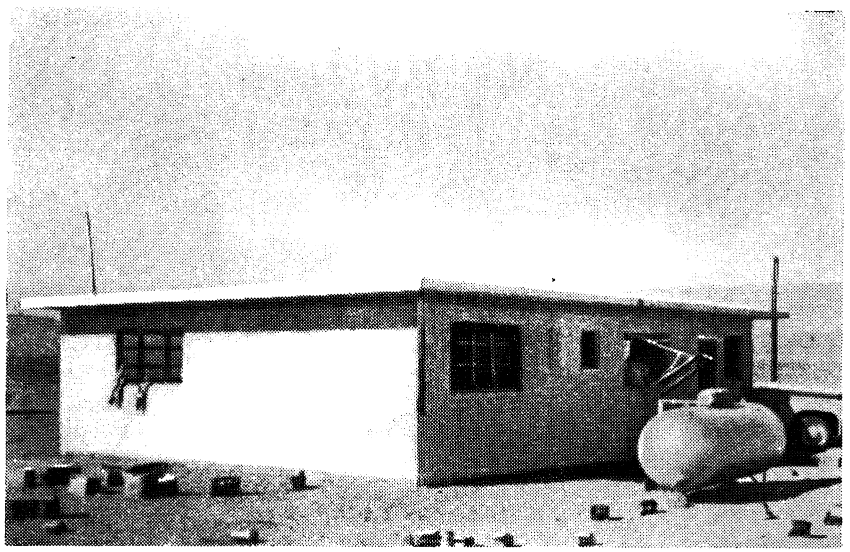


Рис. 5.38. Дом из железобетонных панелей после ядерного взрыва (избыточное давление 0,35 кг/см²). Резервуар со сжиженным нефтяным газом, стоявший у дома, существенных повреждений не получил

5.38. Этот дом хорошо выдержал максимальное избыточное давление в 0,35 кг/см². После замены разбитых или сильно поврежденных дверей и окон он мог стать пригодным для жилья (рис. 5.38).

5.39. Железобетонные плиты крыши со стороны фасада дома оказались несколько приподнятыми над своими опорами, однако ни одно соединение со стенами не было нарушено. В некоторых стенах образовались небольшие трещины, и в некоторых местах произошло небольшое смещение стен. В отдельных местах обнажились соединения стеновых панелей. Стальные переплеты окон несколько погнулись, но уцелели.

5.40. Как и следовало ожидать, такой же дом, подвергшийся воздействию максимального избыточного давления в 0,12 кг/см², пострадал сравнительно немного. В этом доме были выбиты все стекла, сорваны с петель и разбиты двери, погнуты оконные переплеты. Кроме этого единственным другим важным повреждением было выкрошивание бетона в местах соединений стеновых панелей.

Одноэтажный дом из армированных бетонных блоков

5.41. Этот тип дома, также испытывавшийся в 1955 году, имел конструкцию повышенной сейсмической устойчивости. Пол дома представлял собой бетонную плиту, бетонирование которой было произведено на уровне поверхности земли. Наружные и внутренние стены были выложены из легких бетонных блоков, армированных вертикальными стальными стержнями, которые прикреплялись к бетонной фундаментной плите. Наружные стены также армировались горизонтальными стальными стержнями, проходившими в бетонных блоках на двух уровнях. Проемы в стенах были перекрыты железобетонными перемычками. Крыша была собрана из легких бетонных панелей (рис. 5.41).

5.42. При максимальном избыточном давлении 0,35 кг/см² окна были разрушены, а двери отброшены внутрь и разбиты. Стальные оконные переплеты погнулись, но почти все остались на своих местах. Дом пострадал незначительно и мог быть восстановлен при сравнительно небольших затратах на ремонт (рис. 5.42).

5.43. Бетонные плиты крыши слегка сдвинулись, но соединение их со стенами не нарушилось. Кладка под большим окном (рис. 5.42) была вдавлена внутрь примерно на 10 см. Это объясняется, по-видимому, отсутствием креплений стен к полу под оконными проемами. Появление трещин в стене над тем же окном объясняется, очевидно, неправильной установкой железобетонной оконной перемычки и заменой трубчатой стойки посредине оконного проема.

5.44. При максимальном избыточном давлении в 0,12 кг/см² повреждения, полученные домом такого же типа, сводились к разрушению дверей и окон. Стальные оконные переплеты погнулись,

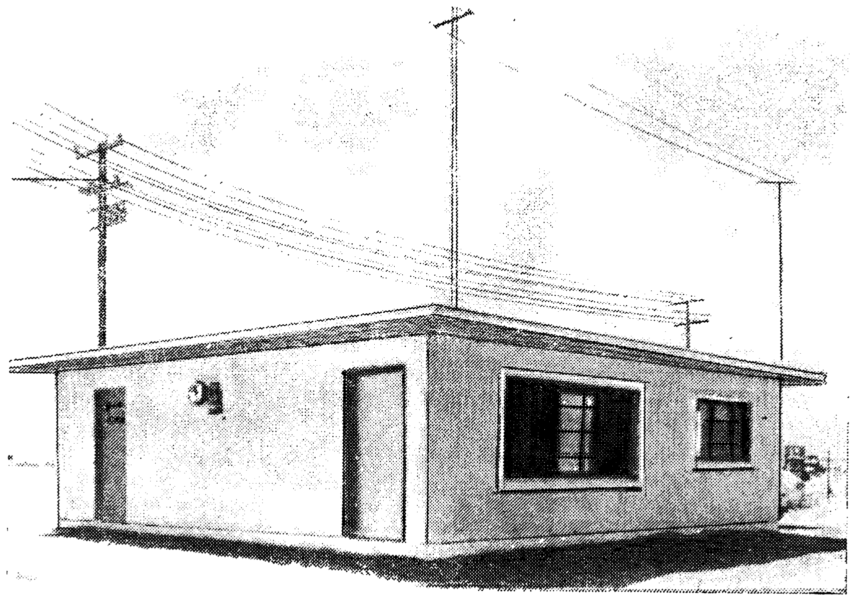


Рис. 5.41. Дом усиленной конструкции из бетонных блоков до ядерного взрыва на полигоне в штате Невада

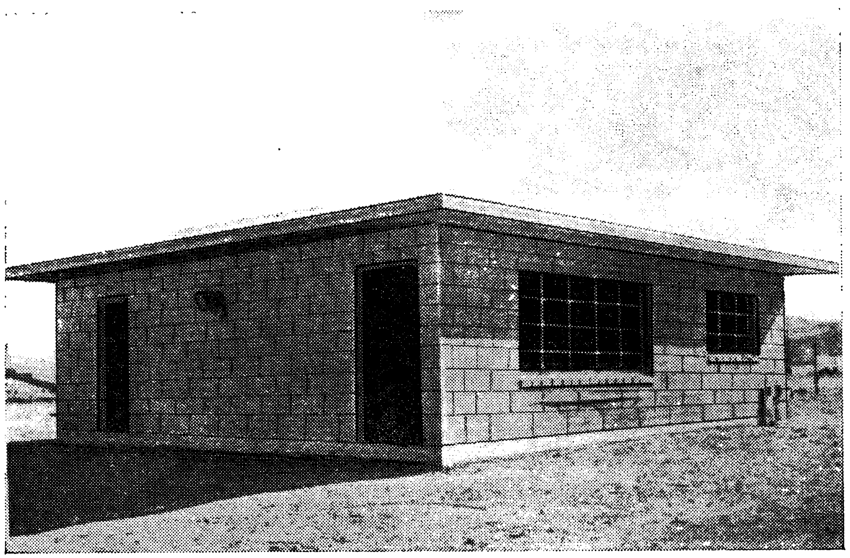


Рис. 5.42. Дом усиленной конструкции из бетонных блоков после ядерного взрыва (избыточное давление 0,35 кг/см²)

но остались на месте. Наблюдалось некоторое выкрошивание бетона в местах заделки соединений. В целом дом получил небольшие повреждения и мог быть легко отремонтирован.

Передвижные домики на прицепах

5.45. В 1955 году было проведено испытание 16 типов различных домиков, смонтированных на прицепах. Учитывая, что парки автоприцепов обычно находятся на окраинах городов, передвижные домики при испытаниях были установлены на значительном расстоянии от эпицентра ядерного взрыва. Девять таких прицепов-домиков были помещены в районе, где максимальное избыточное давление было 0,12 кг/см², а остальные семь в районе, где это давление составляло 0,07 кг/см². Прицепы были установлены под различным углом по отношению к направлению движения ударной волны.

5.46. В районе более высокого максимального избыточного давления два передвижных домика были опрокинуты силой взрыва. Один из этих домиков был установлен боковой стороной к направлению распространения ударной волны, а второй, более легкий, примерно под углом 45°. Остальные домики-прицепы не были опрокинуты. В целом повреждения были несерьезные. Степень воздействия давления ударной волны на различные домики-прицепы была различной и зависела от конструкции этих прицепов, типов креплений, сечения металлических деталей, расположения стоек, величины окон.

5.47. Под воздействием ударной волны многие домики оказались перекошенными, на стенах и крышах образовались вмятины. Однако количество проломов было сравнительно небольшое. Большинство окон было разбито, но внутрь домиков, особенно если у них имелись шторы, стекол попадало очень мало. Там, где не было штор и жалюзи, и особенно если окна были большие по размеру, стекла попадали внутрь.

5.48. Внутри домиков, как правило, повреждались панели, ломалась мебель. Печи и холодильники оставались на своих местах, полы каких-либо повреждений не получали. Ремонт этих домиков и их оборудования не требовал больших затрат.

5.49. В передвижных домиках, подвергшихся воздействию избыточного давления в 0,07 кг/см², было разбито несколько окон, но серьезных повреждений эти домики не получили. Для приведения их в годное для жилья состояние достаточно было произвести только ремонт окон.

Продовольствие

5.50. В целях определения воздействия ядерного взрыва на продукты питания в 1955 году испытаниям было подвергнуто около 90 различных видов продовольствия. Выбор видов продо-

вольствия определялся тем, какие из них являются наиболее распространенными среди американцев. Приблизительно половину из них составляли такие основные продукты питания, как мука и сахар, картофель, фрукты, мясные полуфабрикаты, свежее мясо и замороженные продукты. Другая половина состояла из консервированных продуктов в металлических и стеклянных банках. Кроме большого количества различных видов продуктов испытанию также были подвергнуты упаковочные материалы, применяемые в розничной и оптовой торговле, а также проверялась эффективность различных способов упаковки.

5.51. Образцы пищевых продуктов были размещены для испытаний на расстоянии от 400 до 2400 м от эпицентра взрыва. В некоторых случаях главной целью было определить воздействие начального ядерного или остаточного излучения (радиоактивных осадков). В данном разделе будет рассмотрено только воздействие ударной волны.

5.52. Свежие продукты, такие, например, как картофель, яблоки, лук, упакованные в обычные легкие деревянные ящики, получали механические повреждения. Если не считать этого, то непосредственный ущерб от действия ударной волны был сравнительно невелик. Металлические и стеклянные банки с консервированными продуктами практически не пострадали от воздействия избыточного давления, однако некоторые из них были повреждены летящими острыми предметами, в частности осколками стекла. Упакованные продукты получали повреждение главным образом в результате падения с кухонных полок. Когда металлические или стеклянные банки с консервированными продуктами хранились на полках в подвале, они повреждались весьма незначительно (даже тогда, когда сам дом подвергался сильному разрушению).

5.53. Тара из мягких упаковочных материалов типа бумаги, полиэтилена и картона подвергалась большим повреждениям от летящих предметов. В этих случаях в пищевые продукты попадали мелкие осколки стекла. Однако когда упакованные в такую тару продукты были защищены от действия осколков, ущерб был незначительным.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Опыт Японии

5.54. В Нагасаки было много промышленных зданий со стальным каркасом, покрытых волнистой сталью или асбоцементом. Такой же материал употреблялся и для стенового заполнения. В некоторых из них были установлены рельсы для портальных кранов небольшой мощности. В целом по своей конструкции промышленные здания были похожи на подобные здания в США.

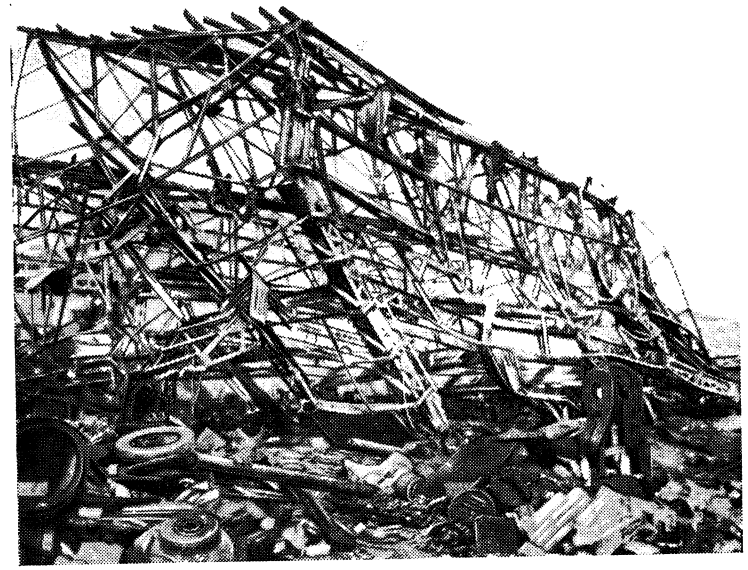


Рис. 5.55а. Разрушение промышленного здания со стальным каркасом в Хиросиме (0,56 км от эпицентра взрыва)

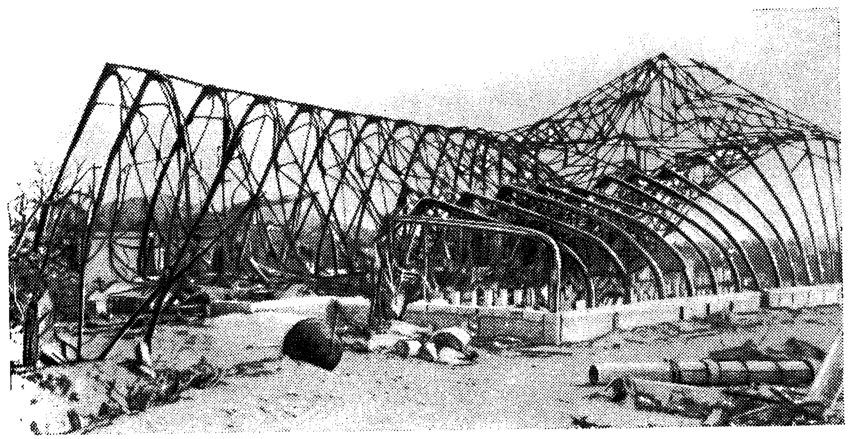


Рис. 5.55б. Разрушение одноэтажного здания с легким стальным каркасом в Хиросиме (1,3 км от эпицентра взрыва); здание было частично разрушено взрывом; полное разрушение произошло в результате последующего пожара

5.55. Серьезные повреждения этих сооружений имели место на расстоянии до 1,8 км от эпицентра взрыва.

Здания, находившиеся недалеко от эпицентра взрыва, были полностью разрушены, на больших расстояниях от эпицентра каркасы зданий наклонились в сторону от взрыва (рис. 5.55а, 5.55б). Высокие и тонкие колонны оказывали горизонтально направленной нагрузке небольшое сопротивление. Иногда эти колонны разрушались вследствие одновременного действия поперечной нагрузки, вызывающей прогиб, и продольной нагрузки,

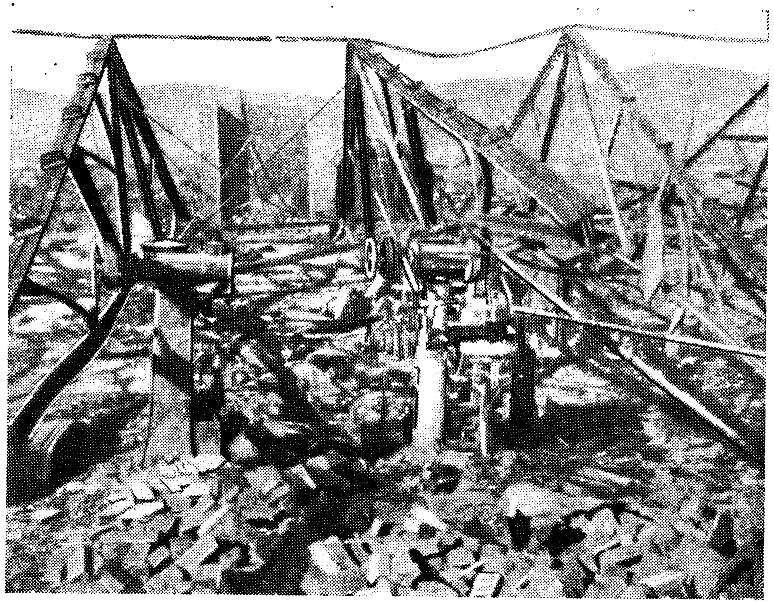


Рис. 5.59. Разрушение станочного оборудования в здании со стальным каркасом в Хиросиме (1 км от эпицентра взрыва)

возникающей в результате воздействия ударной волны на крышу. Это вызывало изгиб колонн, а в некоторых случаях и полное их разрушение.

Стропильные фермы крыши в той части здания, которая была обращена в сторону взрыва, оказались изогнутыми под воздействием горизонтальной нагрузки ударной волны.

5.56. В действии ударной волны на металлический каркас здания наблюдалось заметное различие в зависимости от того, использовался ли для покрытия стен и крыши такой ломкий материал, как асбоцемент, или более гибкий и прочный материал типа волнистой стали. Асбоцемент более легко и быстро разрывался, что приводило к более быстрому уравновешиванию давлений

внутри и снаружи здания и, следовательно, к меньшим повреждениям каркаса здания.

5.57. Пожары причиняли большие повреждения незащищенным стальным частям, в результате чего было весьма трудно определить точно, каков был эффект воздействия ударной волны. В целом стальные каркасы зданий оказались настолько поврежденными, что даже при наличии достаточного количества материалов для ремонта их нельзя было восстановить.

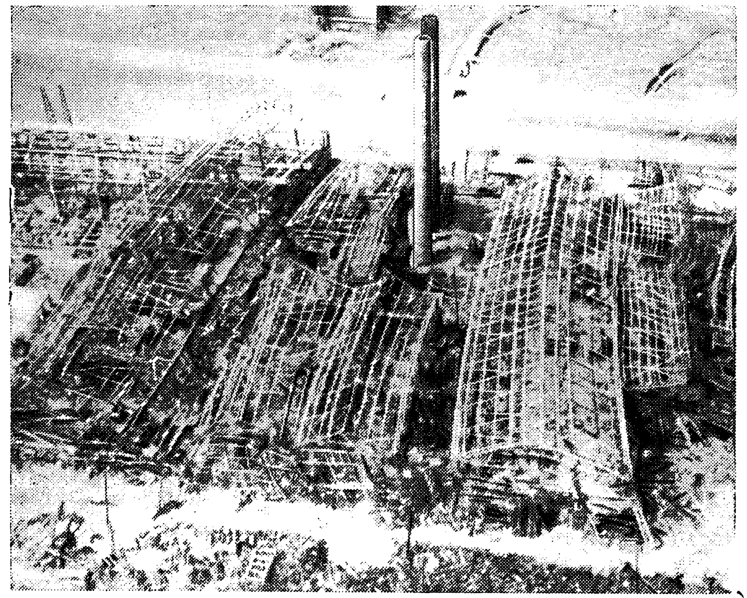


Рис. 5.60а. Разрушенный промышленный район в Нагасаки; видны сохранившиеся дымовые трубы (0,8 км от эпицентра взрыва)

5.58. В некоторых промышленных сооружениях конструкции крыш включали в себя деревянные стропильные фермы. Ввиду недостаточной прочности таких ферм они были более уязвимы для действия ударной волны и, кроме того, уничтожались огнем. В некоторых зданиях крыши имели стальные стропильные фермы, опиравшиеся на бетонные колонны. Такие колонны оказались более устойчивыми к взрыву, нежели стальные.

5.59. Повреждение станков (рис. 5.59) вызывалось падением обломков, образующихся при разрушении крыши и стен, пожарами в зданиях с деревянными каркасами, смещением и опрокидыванием станков вследствие разрушения здания.

5.60. Довольно устойчивыми к действию ударной волны оказались дымовые трубы, особенно железобетонные (рис. 5.60а).

Благодаря своей форме они испытывают в основном только нагрузку от скоростного напора, и если они обладают достаточной прочностью, то благодаря их большему периоду колебаний они



Рис. 5.60б. Разрушение круглой железобетонной трубы высотой 18 м в Хиросиме (0,54 км от эпицентра взрыва)

оказываются менее чувствительными к действию ударной волны, чем многие другие сооружения. Пример исключительно сильного разрушения железобетонной дымовой трубы показан на рис. 5.60б. Стальные дымовые трубы показали себя при ядерных взрывах сравнительно неплохо, но, будучи легче по весу и более

подверженными смятию, они уступают железобетонным. В целом хорошо построенные каменные трубы выдерживают ядерный взрыв лучше, нежели трубы из стали.

Испытания в штате Невада в 1955 году

5.61. Воздействию максимального избыточного давления в 0,21 и 0,09 кг/см^2 были подвергнуты металлические постройки трех стандартных типов, используемых обычно для различных целей в торговле и промышленности. Главная задача испытаний, проведенных в штате Невада, заключалась в том, чтобы определить, при каком максимальном избыточном давлении ударной волны эти сооружения уцелеют (в том смысле, что они смогут быть использованы после сравнительно небольшого ремонта), и собрать информацию, на основании которой могли бы быть проведены улучшения в конструкции с целью увеличения ее устойчивости к воздействию ударной волны.

Постройка со стальным каркасом и алюминиевыми панелями

5.62. Первый тип промышленного здания имел стальной каркас (знакомый инженерам-строителям), а для стенового заполнения и кровли использовались панели из листового алюминия (рис. 5.62а). При максимальном избыточном давлении в 0,22 кг/см^2 это здание получило сильное повреждение. Стальной каркас со сварными и болтовыми соединениями был сильно деформирован и сдвинут с бетонного фундамента. Со стороны, обращенной к месту взрыва, сдвиг у карнизов составлял около 0,3 м (рис. 5.62б).

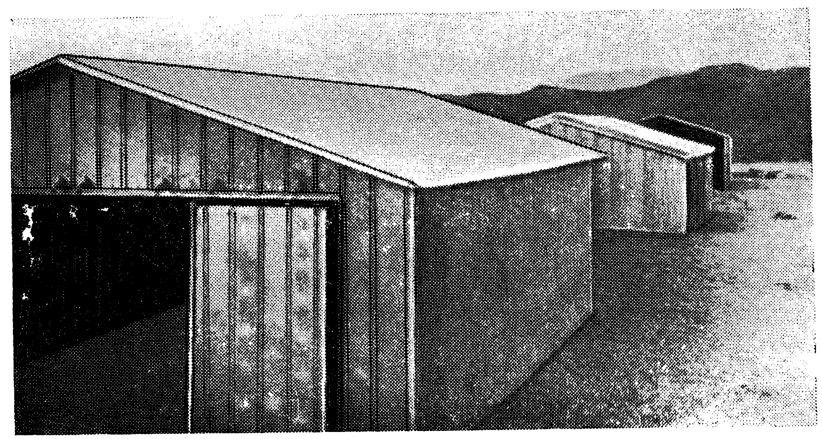


Рис. 5.62а. Внешний вид постройки с жестким стальным каркасом перед ядерным взрывом на полигоне в штате Невада

5.63. Со стороны здания, обращенной к месту взрыва, были сорваны панели из листового алюминия вместе с элементами каркаса. Куски панелей и части каркаса были отброшены ударной волной внутрь сооружения и повредили находившееся там оборудование. На задних и торцовых стенах здания большая часть алюминиевых панелей не была сорвана с каркаса; алюминиевые панели сохранились также и на заднем скате крыши, однако соединения этих панелей оказались нарушенными.

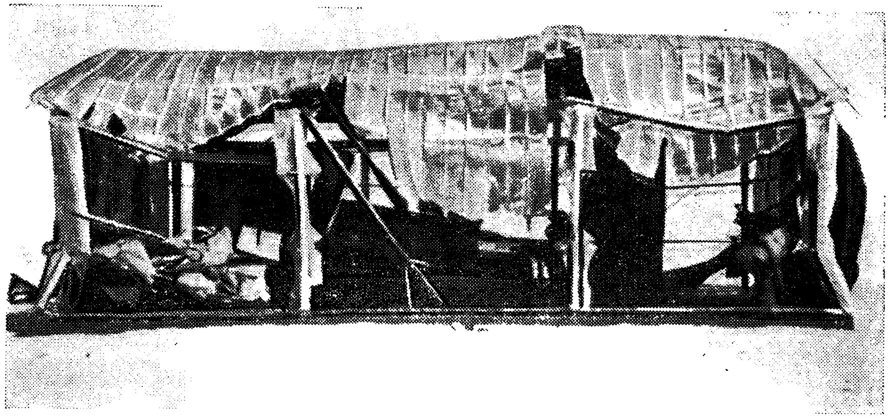


Рис. 5.62б. Внешний вид постройки с жестким стальным каркасом после ядерного взрыва (избыточное давление 0,22 кг/см²)

5.64. При максимальном избыточном давлении в 0,09 кг/см² основной стальной каркас был лишь слегка погнут. Алюминиевые панели стен и крыши не были сорваны, хотя на стороне, обращенной к взрыву, имело место нарушение болтовых соединений панелей. Панели стен и крыши, обращенные к месту взрыва, прогнулись внутрь. В передней части здания центральные стропильные фермы были оторваны от стоек. Алюминиевые панели на торцовых стенах также слегка прогнулись. Панели на задней стене и обратном по отношению к месту взрыва скате крыши не получили существенных повреждений.

5.65. Конструкция сооружений данного типа обеспечивает достаточную их устойчивость и возможность восстановления при условии, что они подвергаются воздействию максимального избыточного давления не более 0,07 кг/см². Увеличение устойчивости к воздействию ударной волны может быть, по-видимому, достигнуто в результате улучшения конструкции каркаса. Усиление связи между стенами и фундаментом и повышение сопротивляемости действию горизонтальной нагрузки также даст положительный результат.

Бескаркасная постройка со стальными панелями

5.66. Вторым стандартным типом промышленного сооружения, подвергшегося испытанию, была бескаркасная постройка, стены и крыша которой были собраны из легких сцепляющихся между

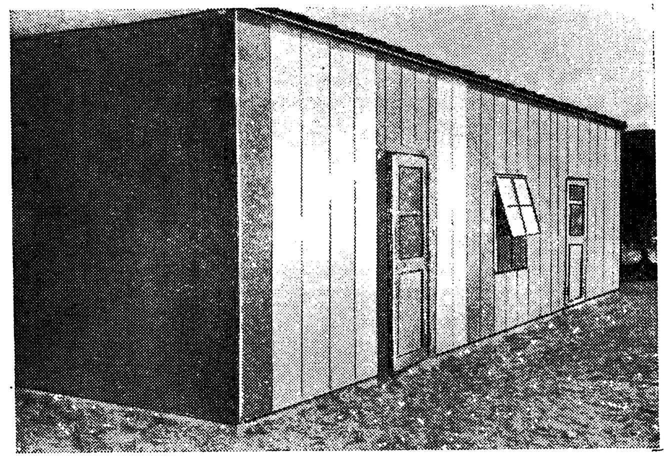


Рис. 5.66а. Внешний вид бескаркасной постройки из стальных панелей до ядерного взрыва на полигоне в штате Невада

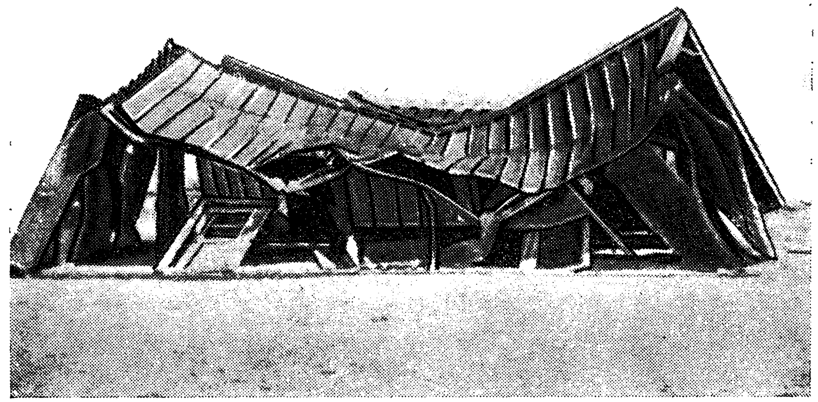


Рис. 5.66б. Разрушение бескаркасной постройки из стальных панелей в результате ядерного взрыва (избыточное давление 0,21 кг/см²)

собой стальных панелей шириной 40 см со швеллерным сечением (рис. 5.66а). Эта постройка под воздействием максимального избыточного давления в 0,21 кг/см² и скоростного напора

в 0,014 кг/см² была полностью разрушена (рис. 5.66б). Несколько стеновых панелей были отброшены на расстояние 15 м от здания, однако сильно деформированные элементы постройки остались в основном на своих местах. На задней и боковых стенах здания большая часть соединений отдельных секций стен с фундаментом сохранилась. Крыша здания полностью обрушилась на находившееся внутри оборудование.

5.67. Хотя при максимальном избыточном давлении в 0,09 кг/см² размер повреждения был значительно меньше, однако отдельные части здания пострадали сильно. Панели передней стены в центре прогнулись на 0,3—0,6 м, но задняя стена и обратный скат крыши остались неповрежденными. В целом крыша не получила повреждений, если не считать небольшого прогиба в ее центральной части.

5.68. Испытания показали, что если бескаркасные постройки со стальными панелями подвергаются воздействию ударной волны с максимальным избыточным давлением не более 0,05—0,07 кг/см,² то они могут быть восстановлены. Испытанные постройки просты в сборке, но недостаточно устойчивы к действию ударной волны. Повышение устойчивости этих построек с сохранением простоты их конструкции представляется весьма трудным делом.

Бескаркасная постройка с панелями из волнистой стали

5.69. Промышленным зданием третьего типа, также прошедшим испытания, была бескаркасная постройка, собранная из прочных стальных панелей шириной 108 см. Соединение панелей

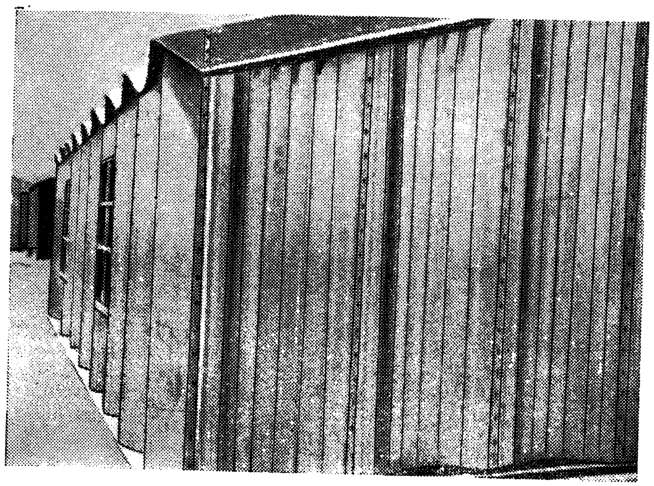


Рис. 5.69. Бескаркасная постройка из волнистой стали до ядерного взрыва на полигоне в штате Невада

между собой, а также с бетонным фундаментом и крышей осуществлялось при помощи болтов. Вся конструкция была бескаркасная (рис. 5.69).

5.70. Под воздействием максимального избыточного давления в 0,21 кг/см² и скоростного напора в 0,014 кг/см² сооружение этого типа получило довольно сильные повреждения, однако соединения между его элементами не были нарушены и постройка еще могла быть использована в качестве укрытия. На переднем скате крыши образовался прогиб величиной в 0,3—0,6 м. Конек крыши также несколько прогнулся. Задний скат крыши практически не пострадал (рис. 5.70).

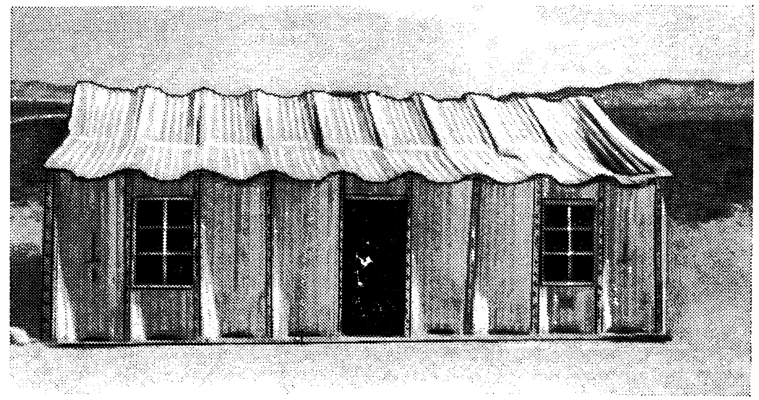


Рис. 5.70. Повреждение бескаркасной постройки из волнистой стали в результате ядерного взрыва (избыточное давление 0,22 кг/см²)

5.71. На передней и боковых стенах образовались значительные вмятины, входная дверь была сорвана с петель. Окна в значительной степени были повреждены. В некоторых окнах задней стены сохранились стекла.

5.72. Вторая постройка этого типа, подвергшаяся воздействию избыточного давления в 0,09 кг/см², получила небольшие повреждения. Конек крыши в некоторых местах оказался несколько прогнутым, примерно на 2,5—5 см, но ни сама крыша, ни стены постройки не деформировались. Большая часть стекол в окнах была выбита. Для восстановления постройки требовалось вставить стекла и провести небольшой ремонт.

5.73. Из всех испытанных типов построек бескаркасная постройка с панелями из волнистой стали оказалась самой устойчивой к действию ударной волны. Можно считать, что если избыточное давление не будет превышать 0,21 кг/см², эти постройки останутся пригодными для использования после проведения в них

сравнительно небольшого ремонта. Целесообразно усовершенствовать конструкцию дверей и окон данных построек с целью уменьшения поражаемости от летящих обломков и осколков стекла.

Испытания с целью определить влияние продолжительности фазы сжатия на степень разрушения

5.74. В 1955 г. в Неваде и в 1956 г. на атолле Эниветок были проведены испытания с целью выяснить влияние продолжительности фазы сжатия ударной волны на степень причиняемых взрывом разрушений. Для испытания были выбраны типичные чувствительные к скоростному напору сооружения, которые были подвергнуты воздействию ядерных взрывов килотонного и мегатонного диапазона при примерно одном и том же избыточном

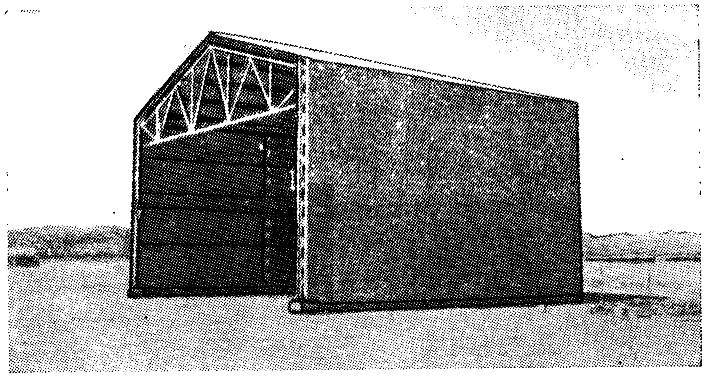


Рис. 5.74а. Здание со стальным каркасом. Стеновое заполнение и крыша изготовлены из хрупкого материала

давлении. Для проведения этих испытаний были выбраны два вида небольшого промышленного сооружения. Одно из них имело стальной каркас со стеновым заполнением и крышей из хрупкого материала (рис. 5.74а). Второе сооружение имело тот же стальной каркас и то же покрытие крыши, но его стеновое заполнение было бетонным, причем оконные проемы составляли 30% площади стены (рис. 5.74б).

5.75. Во время испытаний в Неваде при взрывах в килотонном диапазоне первое сооружение подверглось воздействию максимального избыточного давления ударной волны примерно в 0,45 кг/см² и скоростного напора в 0,077 кг/см². Фаза сжатия ударной волны длилась 0,9 секунд. В результате в верхней части опорных колонн образовался прогиб величиной примерно в 38 см. Анкерные болты колонн были сорваны, и в соединениях между

колоннами и нижней стропильной фермой образовался зазор. Стропильные фермы на стороне, противолежащей направлению ветра, получили серьезные повреждения, а крыша и заполнение стен были полностью сорваны (рис. 5.75).

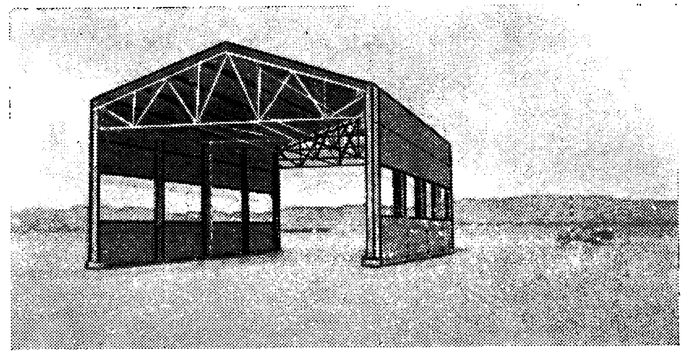


Рис. 5.74б. Здание со стальным каркасом и бетонным стеновым заполнением

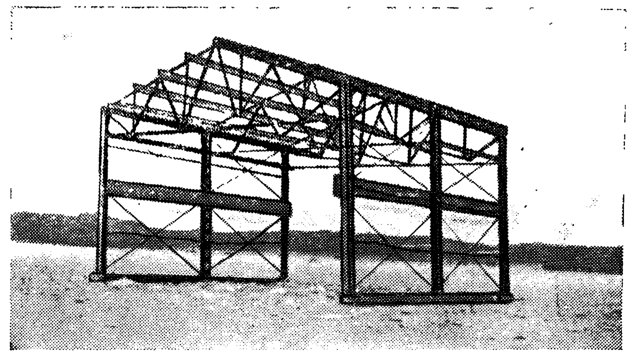


Рис. 5.75. Здание, показанное на рис. 5.74а, после взрыва (избыточное давление — 0,45 кг/см², скоростной напор — 0,077 кг/см², продолжительность положительной фазы — 0,9 сек)

5.76. Вторая постройка с более прочным стеновым заполнением подверглась воздействию избыточного давления ударной волны примерно в 0,24 кг/см² и скоростного напора в 0,02 кг/см². Фаза сжатия длилась 1 секунду. Постройка получила небольшие повреждения (рис. 5.76). Хотя почти вся крыша была сорвана, других повреждений, за исключением небольшого ослабления соединений, не наблюдалось.

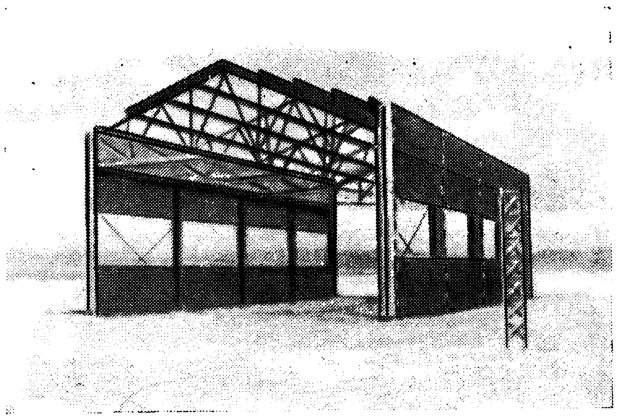


Рис. 5.76. Здание, показанное на рис. 5.74б, после взрыва (избыточное давление — 0,24 кг/см², скоростной напор — 0,02 кг/см², продолжительность положительной фазы — 1 сек)

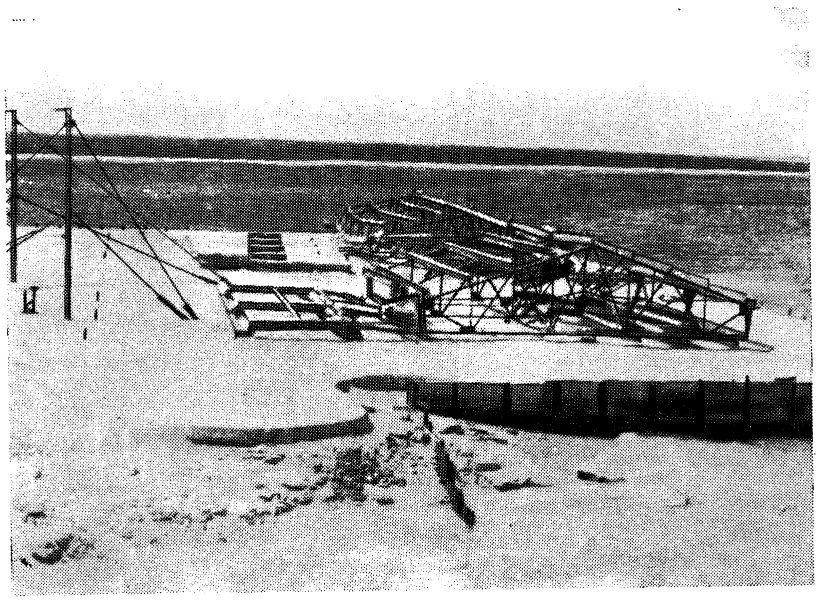


Рис. 5.77а. Здание, аналогичное показанному на рис. 5.74а, после взрыва (избыточное давление — 0,43 кг/см², скоростной напор — 0,04 кг/см², продолжительность положительной фазы — несколько секунд)

5.77. Подобного же типа постройки были подвергнуты воздействию аналогичных давлений ударной волны при ядерном взрыве мегатонной мощности, произведенном на атолле Эниветок. Так, одна постройка подверглась воздействию избыточного давления в 0,43 кг/см² и скоростного напора 0,04 кг/см², а другая постройка подверглась воздействию избыточного давления ударной волны

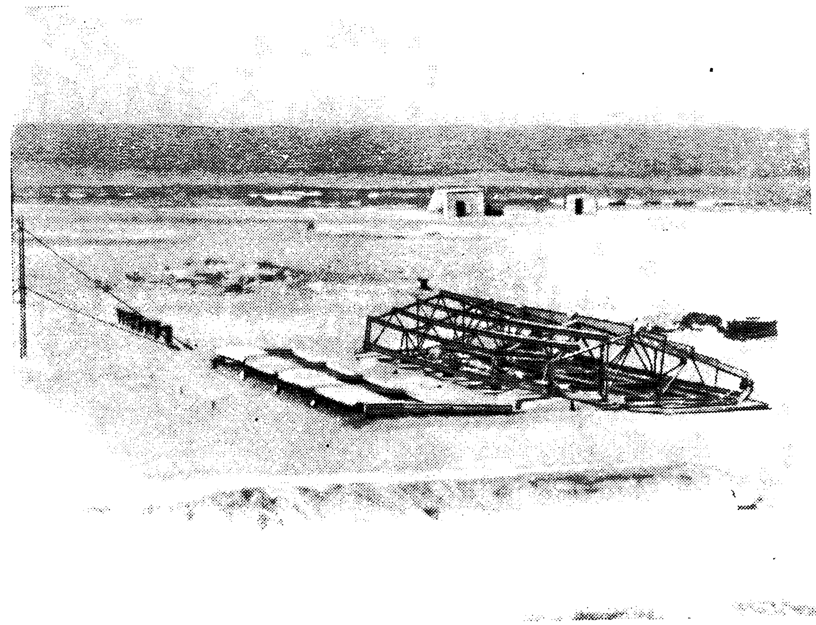


Рис. 5.77б. Здание, аналогичное показанному на рис. 5.74б, после взрыва (избыточное давление — 0,35 кг/см², скоростной напор — 0,035 кг/см², продолжительность положительной фазы — несколько секунд)

в 0,35 кг/см² и скоростного напора 0,035 кг/см². Однако если при испытании в Неваде продолжительность фазы сжатия равнялась 1 секунде, то теперь фаза сжатия длилась несколько секунд. Обе постройки были полностью разрушены (рис. 5.77а и 5.77б). На основании этого был сделан вывод, что при одной и той же величине избыточного давления и скоростного напора может быть достигнута большая степень разрушения зданий, чувствительных к скоростному напору, путем увеличения продолжительности фазы сжатия ударной волны.

Резервуары для хранения жидкого топлива

5.78. В районах японских городов, которые подверглись атомной бомбардировке, не было крупных резервуаров для хранения жидкого топлива. Не проводилось испытаний этих резервуаров и



Рис. 5.78а. Общий вид разрушений, вызванных взрывом и пожаром в Техас-Сити 16—17 апреля 1947 года

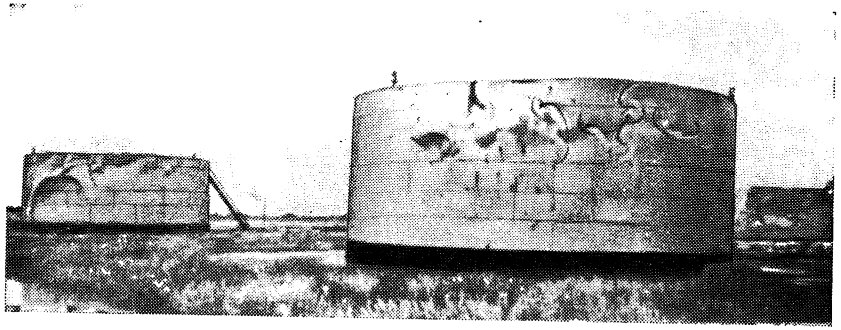


Рис. 5.78б. Легкие повреждения резервуаров для хранения жидкого топлива, вызванные непосредственным действием взрыва и летящими обломками в Техас-Сити 16—17 апреля 1947 года

на полигоне в штате Невада. Однако во время катастрофы в Техас-Сити в апреле 1947 года несколько групп резервуаров было сильно повреждено взрывной волной, летящими обломками и пожаром.

Величина избыточного давления в зоне, где резервуары (особенно не заполненные топливом) получили сильные повреждения, считается равной 0,2—0,3 кг/см². Этот вывод сделан на том основании, что ударная волна при этом взрыве была эквивалентна ударной волне, образующейся при ядерном взрыве мощностью 2—4 килотонны. О серьезной опасности, которую с точки зрения вероятности возникновения пожара представляет собой хранимое в таких резервуарах жидкое топливо, можно судить при рассмотрении рис. 5.78а, где показаны разрушения от взрыва и пожара. На рис. 5.78б показаны небольшие повреждения, причиненные стенкам резервуара действием ударной волны и летящими осколками.

Тяжелые станки

5.79. Выше (п. 5.59) уже упоминалось о повреждениях станочного оборудования при ядерных взрывах в Японии. С целью получения информации, представляющей особый интерес с военно-промышленной точки зрения, в 1955 году во время испытаний в штате Невада был исследован вопрос о воздействии ядерного взрыва на тяжелые станки и их части. Испытываемые станки были установлены на железобетонных фундаментных плитах с соблюдением всех принятых в обычной практике правил монтажа станочного оборудования. Для испытаний были использованы два токарных станка (весом в 3150 и 5400 кг) и два горизонтальных фрезерных станка (весом соответственно 3150 и 4500 кг), которые были подвергнуты воздействию максимального избыточного давления ударной волны в 0,7 кг/см². Непосредственно перед станками со стороны, обращенной к месту взрыва, из бетонных блоков была возведена стена высотой 160 см и толщиной 20 см (рис. 5.79). Это сооружение должно было имитировать наружную стену обычного промышленного здания; считалось, что при разрушении такой стены образуется достаточное количество летящих обломков.

5.80. В результате взрыва три более легких станка были сорваны со своих фундаментов и оказались довольно сильно поврежденными (рис. 5.80а). Четвертый, самый тяжелый станок повреждений не получил (рис. 5.80б). Из наблюдений был сделан вывод, что правильно закрепленный станок тяжелого типа в состоянии противостоять избыточному давлению в 0,7 кг/см² или более.

5.81. Помимо повреждений от непосредственного действия ударной волны, станки получили значительные повреждения от обломков полностью разрушенной во время взрыва стены из

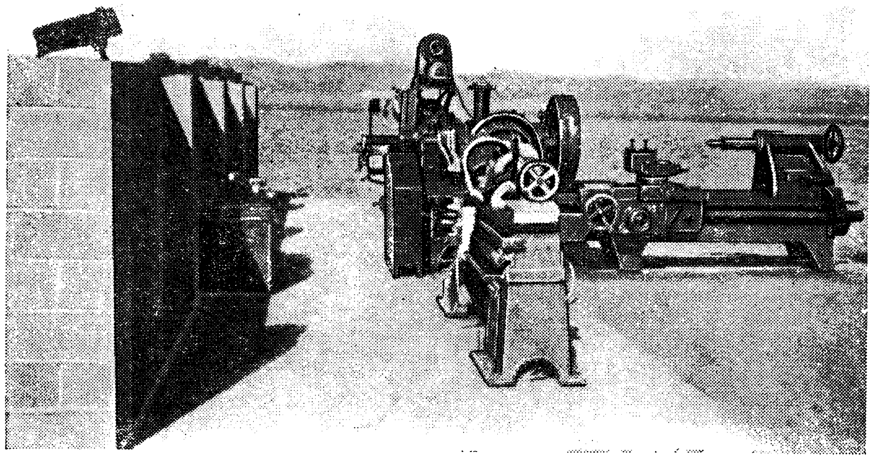


Рис. 5.79. Станочное оборудование, установленное за стеной из бетонных блоков, до ядерного взрыва на полигоне в штате Невада

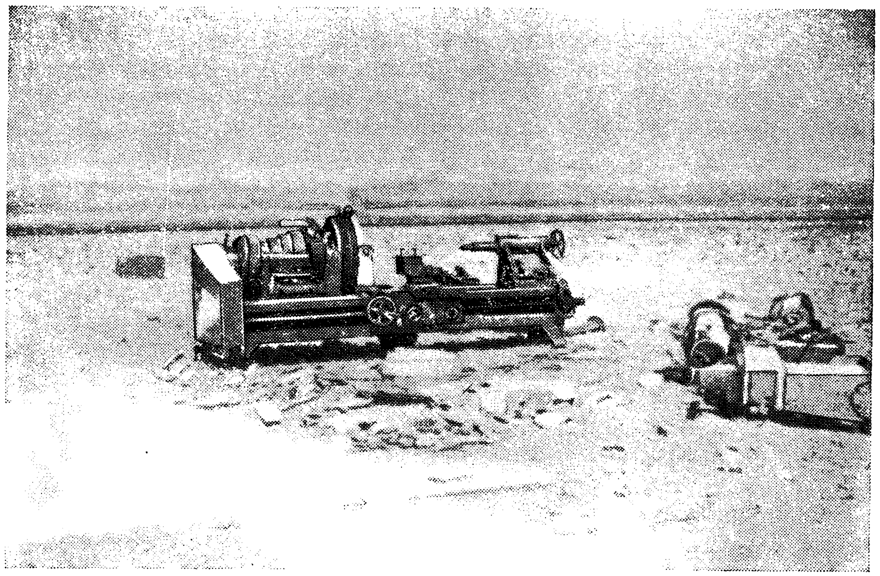


Рис. 5.80а. Повреждения станочного оборудования в результате ядерного взрыва (избыточное давление 0,7 кг/см²)

бетонных блоков. Особенно сильно пострадали от обломков наименее прочные, хрупкие, ничем не защищенные наружные детали станков. Шестерни и передаточные механизмы были повреждены, маховики и рычаги управления оказались оторванными, приводные ремни порваны. Однако при наличии запасных частей большая часть таких повреждений может быть легко устранена, поскольку большой разборки станков при этом не потребуется.

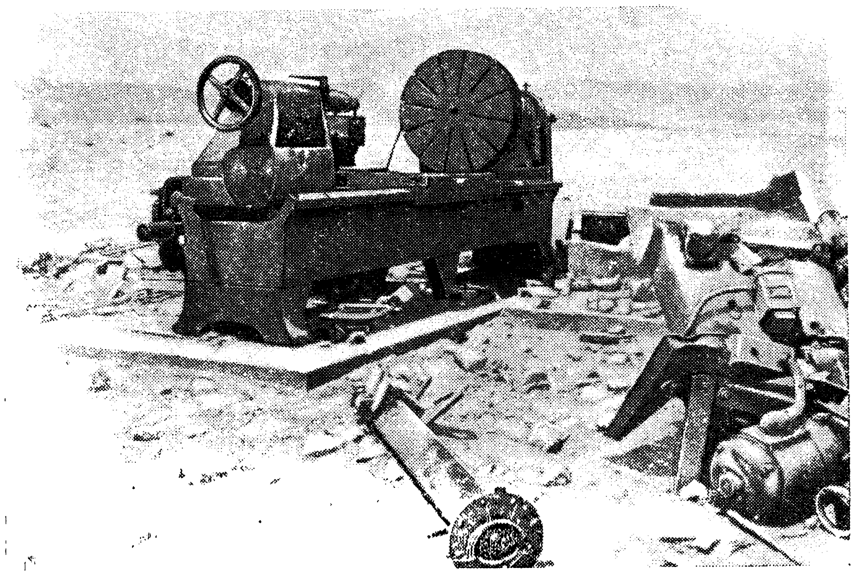


Рис. 5.80б. Тяжелый токарный станок после ядерного взрыва (избыточное давление 0,7 кг/см²)

5.82. Позади двухэтажного кирпичного дома, в зоне, где избыточное давление составляло 0,35 кг/см², был установлен 200-тонный гидравлический пресс весом около 23 т. Для установки пресса было выбрано самое лучшее место с точки зрения имитации реальных заводских условий. Несмотря на то что стоявший перед прессом кирпичный дом был полностью уничтожен взрывом, сама эта машина высотой 5,7 м пострадала мало. Очевидно, кирпичный дом сыграл для пресса в некотором роде роль экрана, защитив его от действия ударной волны. Небольшие повреждения пресса, по всей вероятности, были вызваны не непосредственно ударной волной, а падением обломков дома, которые при указанном давлении ударной волны не приобретали высоких скоростей.

5.83. В зоне, где избыточное давление составляло 0,21 кг/см², находились две легкие постройки промышленного типа, конструк-

ция которых описывалась ранее. В каждой из этих построек были установлены один вертикально-фрезерный станок весом около 1,35 т, баллон высокого давления из нержавеющей стали емкостью 190 л и весом 1,85 т, стальной паровой котел длиной 2,7 м, высотой 1,5 м и шириной 0,75 м. Обе постройки сильно пострадали от взрыва, но оборудование пострадало очень мало и практически оставалось пригодным для использования. В одном случае обломками разрушенного сооружения были повреждены открытые детали фрезерного станка.

5.84. Следует отметить, что повреждения станочного оборудования при испытаниях в 1955 году были, очевидно, менее значительны, чем повреждения, имевшие место в Японии при тех же давлениях ударной волны. Некоторые разрушающие факторы, действовавшие при ядерных взрывах в Японии, при испытаниях в Неваде отсутствовали. Условия испытаний, во-первых, исключали возможность повреждения от пожаров, во-вторых, после взрыва оборудование не подвергалось воздействию атмосферных осадков. Кроме того, количество обломков и летящих предметов при испытаниях, очевидно, было меньше, чем при разрушении промышленных зданий в Японии.

ЗДАНИЯ КОММЕРЧЕСКОГО И АДМИНИСТРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение

5.85. Здания, используемые для коммерческих и административных целей, такие, как банки, конторы, больницы, гостиницы, а также крупные многоквартирные дома, как правило, являются более прочными по своей конструкции, нежели обычные жилые дома и здания промышленного назначения. В основном все данные о действии ударной волны ядерного взрыва на эти многоэтажные сооружения были собраны путем обследования разрушений в Нагасаки и Хиросиме. Ниже дается описание повреждений трех типов подобных зданий: зданий с железобетонным каркасом, зданий со стальным каркасом и зданий с несущими стенами.

Многоэтажные здания с железобетонным каркасом

5.86. Многоэтажных зданий с железобетонным каркасом было много в Хиросиме и меньше в Нагасаки. Различные конструкции этих зданий обладали различной устойчивостью к действию ударной волны, но в общем все они удивительно мало пострадали снаружи. Здания, находившиеся недалеко от эпицентра, получили, однако, значительные повреждения внутри, что объяснялось проникновением ударной волны через окна и двери и возникающими затем пожарами. На рис. 5.86а показано исключительно прочное





Рис. 5.86а. Верхний фотоснимок — железобетонное сейсмически устойчивое здание после взрыва в Хиросиме. Нижний фотоснимок — внутренняя часть второго такого же здания, поврежденная взрывом и пожаром

по своей конструкции сейсмически устойчивое здание, находившееся в 220 м от эпицентра ядерного взрыва в Хиросиме. Хотя наружные стены этого здания почти не пострадали, его крыша была смята, а внутри все было разрушено. Более типичной для США постройкой с железобетонным каркасом является здание, показанное на рис. 5.86б, находившееся от эпицентра на расстоянии примерно 220 м. Это здание пострадало гораздо больше, нежели первое здание сейсмически устойчивой конструкции.

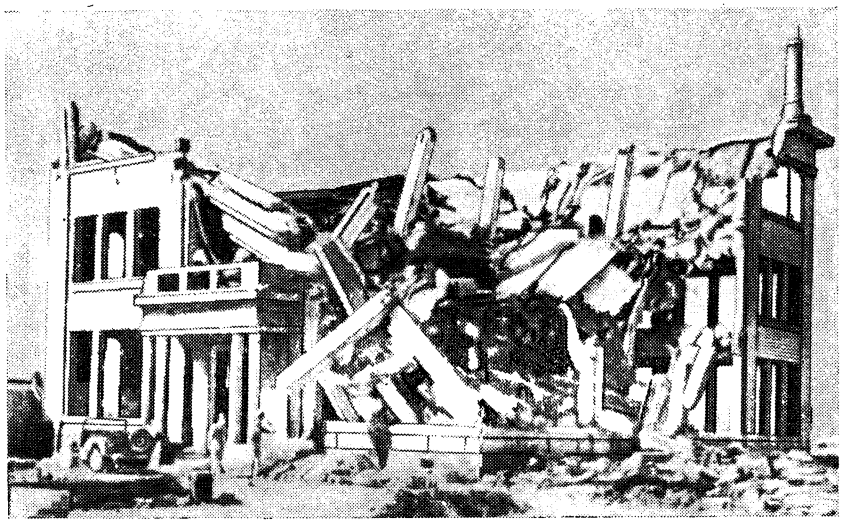


Рис. 5.86б. Разрушение трехэтажного здания с железобетонным каркасом в результате взрыва в Хиросиме; стены с кирпичным заполнением толщиной 33 см имели большие оконные проемы

5.87. Повышенную устойчивость к действию ударной волны ядерных взрывов имели железобетонные здания в Японии, построенные с соблюдением строительных правил, принятых после сильного землетрясения 1923 года. Эти правила допускали строительство зданий высотой не более 30 м, способных выдержать горизонтальную нагрузку, равную 10% вертикальной нагрузки. В этих правилах, кроме того, были определены принципы увеличения жесткости зданий при помощи поперечных стен и за счет улучшения конструкции каркасов. Наиболее важные здания были спроектированы и построены в соответствии с требованиями этих правил. Однако некоторые здания, построенные без учета требований сейсмической устойчивости, оказались менее устойчивыми к воздействию ударной волны.

5.88. Вблизи эпицентра взрыва вертикальная составляющая ударной волны имеет бóльшую величину, поэтому на этих расстояниях разрушения, которым подвергаются крыши под воздействием силы, направленной вниз, больше, нежели в зданиях, находящихся дальше от центра взрыва (рис. 5.88а). В зависимости от прочности крыши последняя либо получала вмятины и продавленности, либо разрушалась совсем. Остальные части зданий на близких от эпицентра расстояниях страдали меньше, чем подобные здания, находившиеся дальше от центра взрыва, поскольку горизонтальная составляющая ударной волны имеет меньшую величину. Дальше от эпицентра взрыва, в особенности в зоне не-

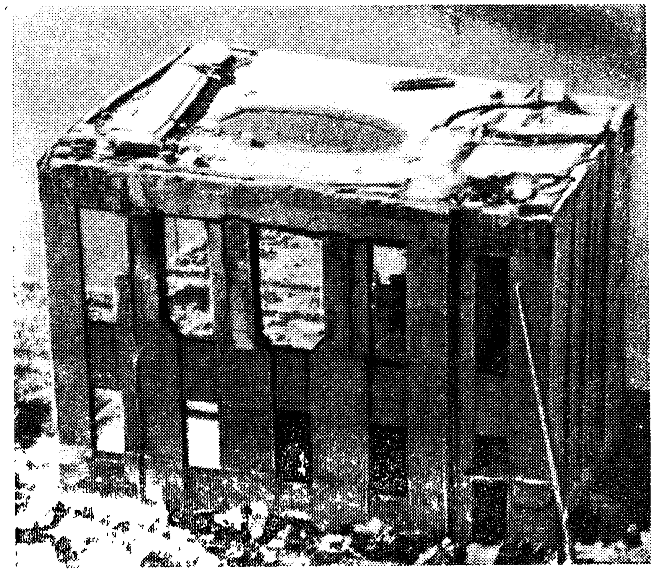


Рис. 5.88а. Вдавливание крыши железобетонного здания от действия взрыва в Хиросиме (160 м от эпицентра взрыва)

регулярного отражения, последствия действия горизонтальной составляющей ударной волны были яснее выражены (рис. 5.88б и 5.88в).

5.89. Помимо разрушения железобетонных крыш и смещения стен здания наблюдались также многочисленные другие последствия действия ударной волны, в том числе деформация и разрушение балок, колонн, панелей наружных стен и плит перекрытия (рис. 5.89а, 5.89б, 5.89в, 5.89г). Большие повреждения потолков, штукатурки и внутренних стен имели место даже на расстоянии до 2,7 км от эпицентра. Что касается оконных стекол, то они, как правило, оказывались выбитыми на расстоянии до 6 км, а в некоторых случаях и на расстоянии до 13 км.

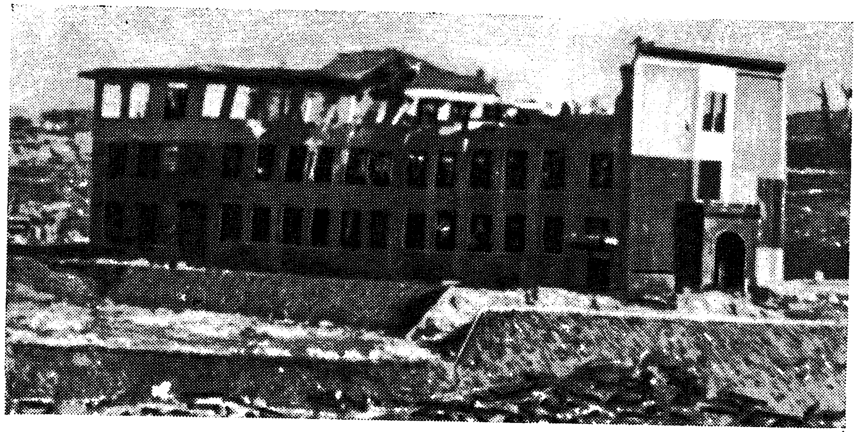


Рис. 5.88б. Воздействие горизонтальной составляющей нагрузки на стену, обращенную к месту взрыва в Нагасаки (640 м от эпицентра взрыва)

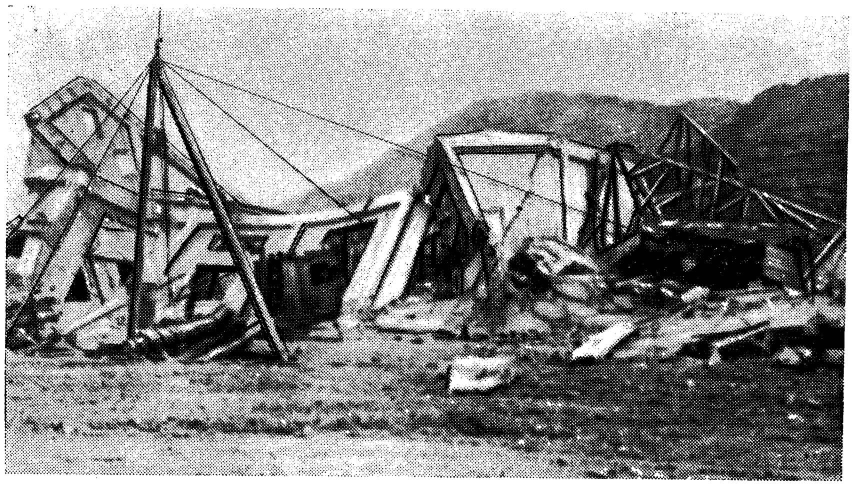


Рис. 5.88в. Разрушение одноэтажного железобетонного здания со стальными стропилами в Нагасаки (420 м от эпицентра взрыва)



Рис. 5.89а. Образование прогиба и растрескивание балок здания из железобетонных конструкций в результате взрыва в Нагасаки (512 м от эпицентра взрыва)

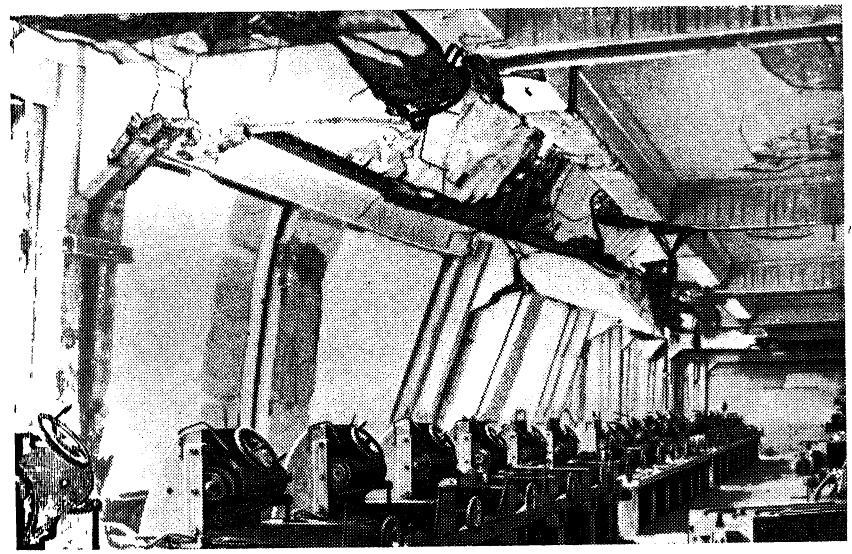


Рис. 5.89б. Характер разрушений колонн и балок в многоэтажном здании с железобетонным каркасом в результате взрыва в Нагасаки (580 м от эпицентра взрыва)

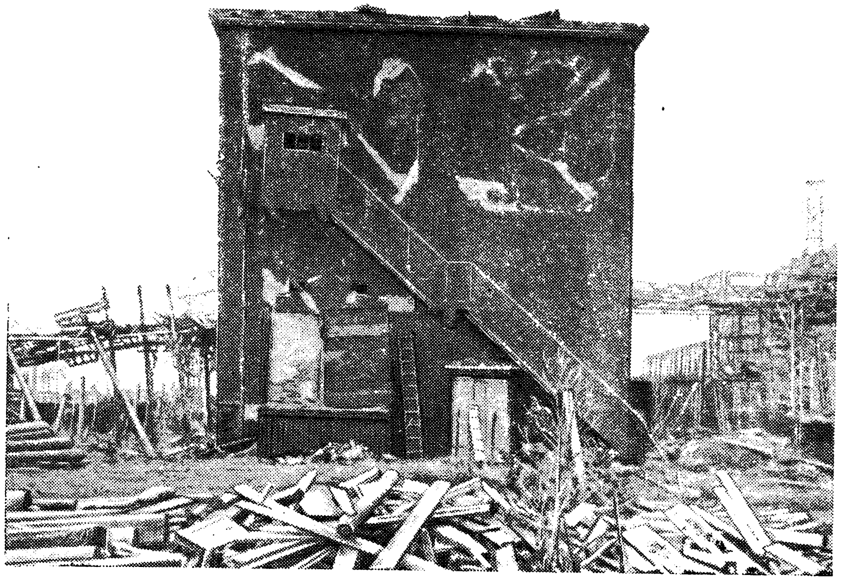


Рис. 5.89в. Разрушение здания с железобетонным каркасом в результате взрыва в Нагасаки; со стороны, обращенной к месту взрыва, в стеновых панелях образовались бреши (1100 м от эпицентра взрыва)

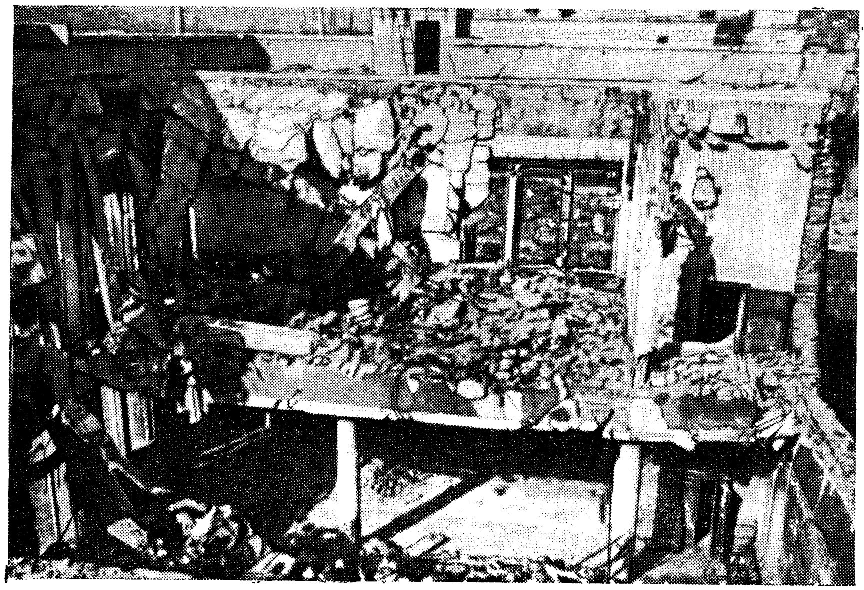


Рис. 5.89г. Разрушение железобетонных плит крыши и перекрытия здания в Хиросиме (160 м от эпицентра взрыва)

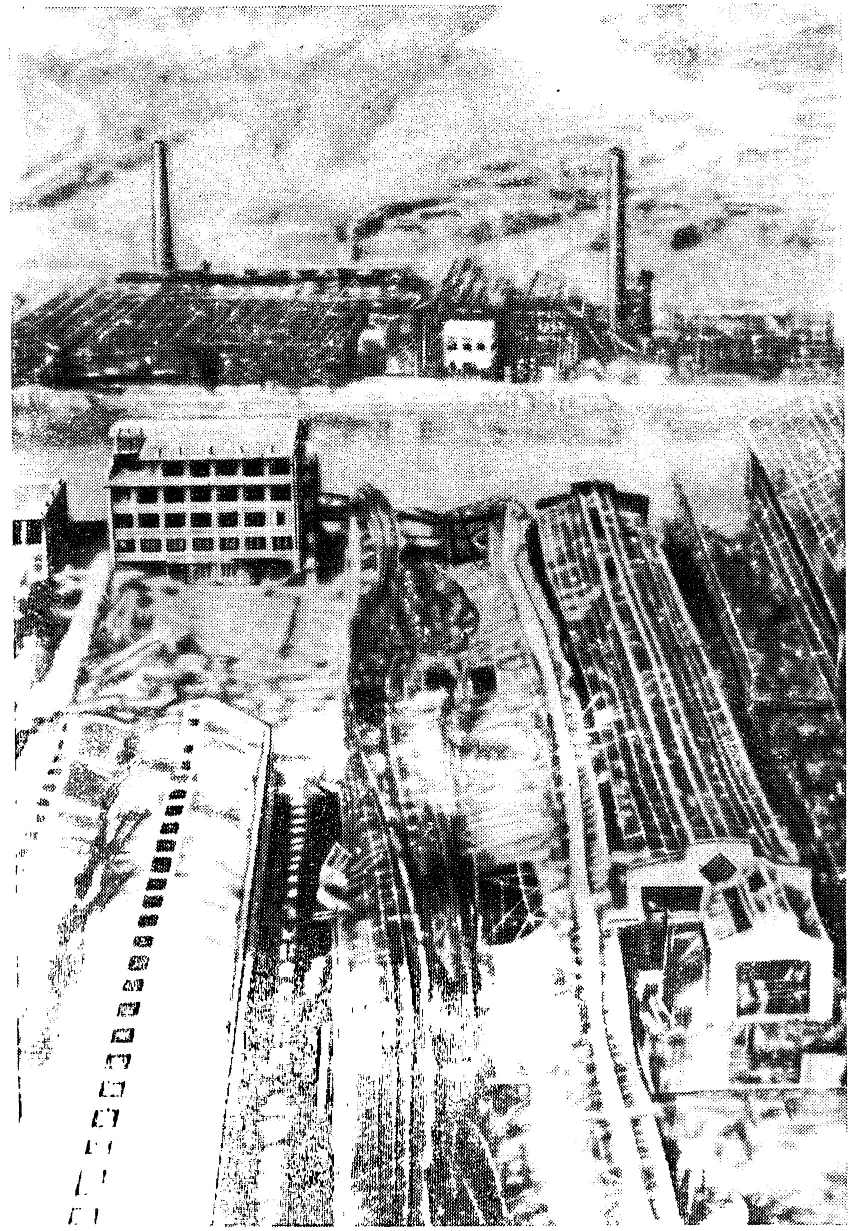


Рис. 5.91. Многоэтажное здание со стальным каркасом после взрыва в Нагасаки (1,35 км от эпицентра взрыва)

5.90. Описанные выше различные последствия взрыва относятся главным образом к железобетонным сооружениям. Поскольку здания такого рода полностью не разрушались, это давало возможность изучить непосредственное воздействие ударной волны. Следует, однако, заметить, что аналогичные повреждения наблюдались также и в других типах сооружений, описание которых следует ниже.

Многоэтажные здания со стальным каркасом

5.91. В японских городах, явившихся объектом атомной бомбардировки, было, очевидно, только одно здание со стальным каркасом, имевшее более двух этажей. Это было пятиэтажное здание в Нагасаки, находившееся на расстоянии 1,35 км от эпицентра взрыва (рис. 5.91). Единственной частью здания, которую нельзя было считать принадлежавшей к тяжелым конструкциям, была крыша, состоявшая из железобетонных плит толщиной в 10 см и из необычайно легких стальных стропильных ферм. В результате взрыва произошло оседание крыши на 0,9 м, что явилось единственным серьезным повреждением здания.

5.92. Здания с железобетонным каркасом, находившиеся на том же расстоянии от взрыва, также не были повреждены. Такое положение не дало возможности получить достаточно данных для того, чтобы сделать вывод об относительной устойчивости той и другой конструкции. Характер повреждений двухэтажных зданий со стальным каркасом показан на рис. 5.92.



Рис. 5.92. Двухэтажное здание со стальным каркасом и железобетонными стеновыми панелями толщиной 18 см после взрыва в Хиросиме (640 м от эпицентра взрыва)

Здания с несущими стенами

5.93. Небольшие сооружения с легкими несущими стенами оказывают незначительное сопротивление ударной волне и, как правило, при ядерном взрыве полностью разрушаются.



Рис. 5.93а. Внутренняя часть двухэтажного кирпичного здания с несущими стенами толщиной 48 см после взрыва в Хиросиме (1300 м от эпицентра взрыва)

Более крупные здания того же типа, но с поперечными стенами и несколько более прочной конструкции имели большую устойчивость, но также были разрушены на расстоянии до 2 км от эпицентра (рис. 5.93а и 5.93б). В тех случаях, когда эти здания не обрушивались, в местах соединений поперечных и боковых стен образовывались трещины. Вполне очевидно, что здания с несущими стенами не обладают достаточной устойчивостью к воздействию больших горизонтальных нагрузок.



Рис. 5.93б. Здание с массивными кирпичными несущими стенами толщиной 71 см после взрыва в Нагасаки (540 м от эпицентра взрыва)

Мосты

5.94. Воздействию ядерных взрывов в Нагасаки и Хиросиме подвергся целый ряд различного рода мостов. Деревянные мосты в большинстве случаев были уничтожены в результате пожаров. Что касается металлических и железобетонных мостов, то они пострадали сравнительно немного (рис. 5.94а, б, в). Металлический мост с железобетонной проезжей частью, находившийся от эпицентра взрыва примерно в 80 м, т. е. в 630 м от центра взрыва, существенных повреждений не имел. Очевидно, этот мост под давлением ударной волны претерпел только упругую деформацию с очень незначительным остаточным смещением. Другие мосты, находившиеся на более значительном расстоянии от эпицентра, больше подверглись горизонтальному смещению. На одном из мостов железобетонная проезжая часть, очевидно вследствие отражения ударной волны от поверхности воды, оказалась несколько приподнятой над пролетным строением.

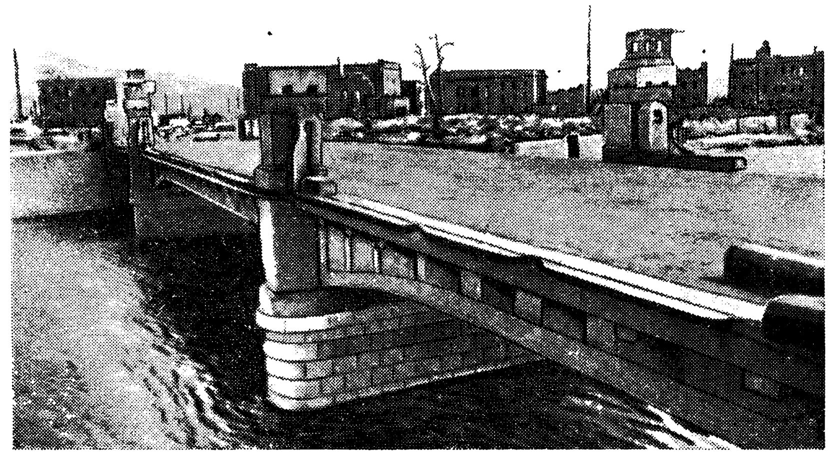


Рис. 5.94а. Мост с железобетонной проезжей частью и металлическим пролетным строением после взрыва в Хиросиме. Перила снесены ударной волной. Проезжая часть почти не пострадала (80 м от эпицентра взрыва)

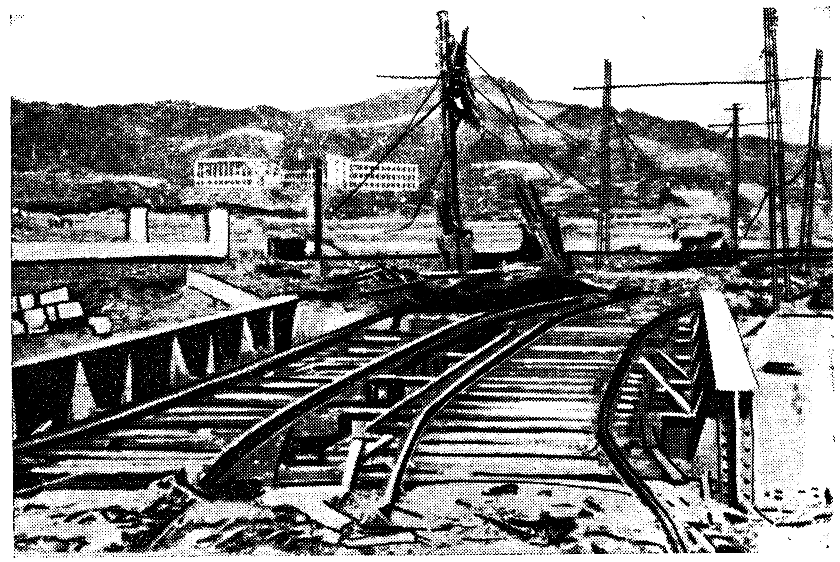


Рис. 5.94б. Металлический двухпутный мост для трамвайного движения, поврежденный взрывом в Нагасаки; балки моста сдвинуты в результате взрыва на 1 м, рельсы изогнуты, опоры контактной линии не повалены (260 м от эпицентра взрыва)

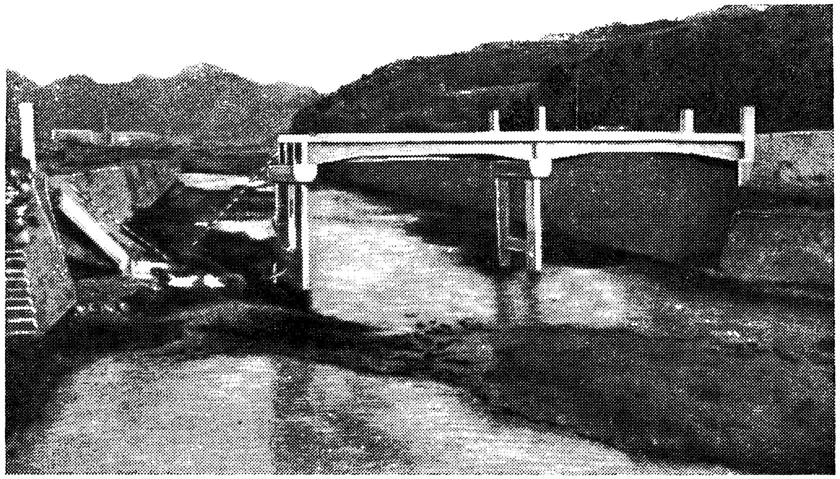


Рис. 5.94в. Железобетонный мост с пролетным строением из тавровых балок, частично разрушенный взрывом в Нагасаки. Элементы пролетного строения одного пролета длиной 10 м в результате взрыва сброшены в реку (700 м от эпицентра взрыва)

ТРАНСПОРТ

Трамваи и автомобили

5.95. В Японии в результате ядерных взрывов трамвайный парк очень сильно пострадал как от ударной волны, так и от пожаров, но многие опоры контактной сети уцелели (рис. 5.94б). Автобусы и автомобили под воздействием ударной волны, огня и летящих осколков, как правило, выводились из строя. Однако, когда они находились от взрыва на значительном расстоянии, больших повреждений у них не оказывалось. Так, например, американский автомобиль, находившийся на расстоянии 900 м от эпицентра, был очень сильно поврежден и сгорел (рис. 5.95), в то время как подобный же автомобиль, находившийся от эпицентра взрыва на расстоянии 1,8 км, имел небольшие повреждения.

5.96. Воздействие ядерных взрывов на автомобили и автобусы экспериментально проверялось и на полигоне в штате Невада, хотя условия там, особенно в отношении повреждений в результате пожаров и от летящих осколков, были иными, нежели в Японии. В приводимых ниже описаниях расстояние связывается с максимальным избыточным давлением. Следует, однако, учитывать, что в большинстве случаев главным фактором, вызывавшим повреждения, являлось не избыточное давление, а скоростной



Рис. 5.95. Общий вид разрушений в районе Нагасаки (0,9 км от эпицентра взрыва)

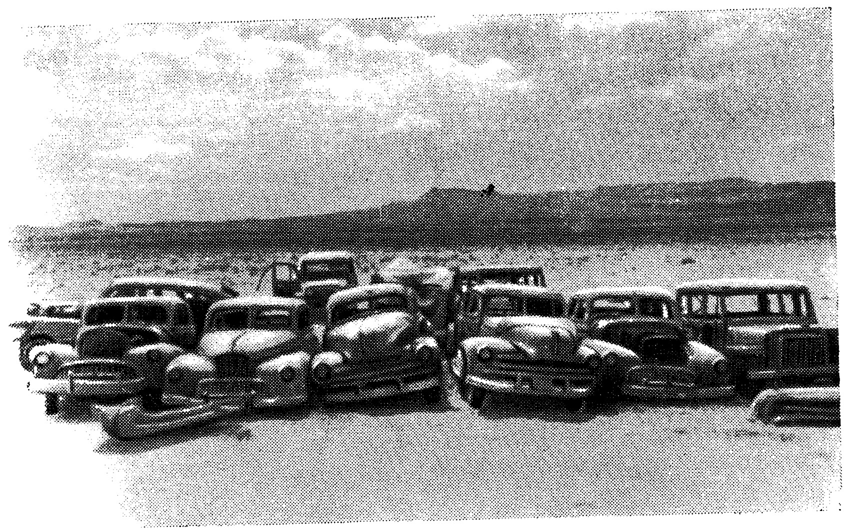


Рис. 5.96а. Действие ядерного взрыва на автомобили, сосредоточенные на открытом участке. Преобладающая часть повреждений стекол, покраски, внутренней отделки автомобилей вызвана воздействием светового излучения (полигон в штате Невада)

напор. Кроме того, необходимо также иметь в виду воздействие вспомогательной волны (предвестника), описанное в п. 3.43 и 3.72. Поэтому степень повреждений нельзя определять только

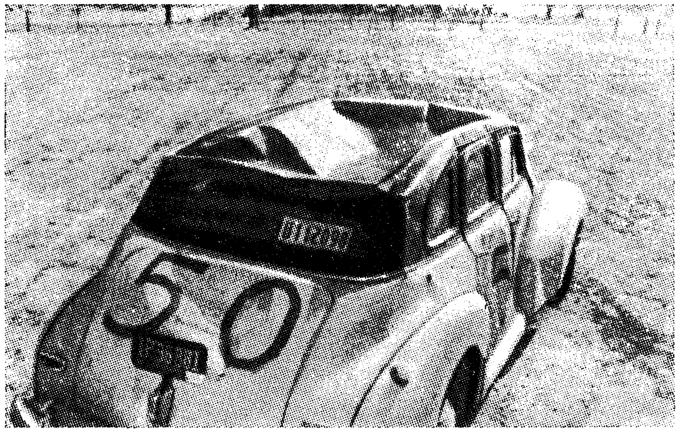


Рис. 5.96б. Повреждения автомобиля, находившегося за домом с деревянным каркасом (избыточное давление 0,35 кг/см²)

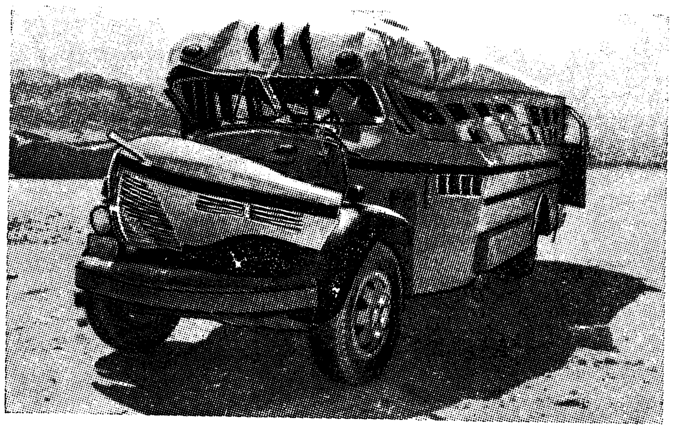


Рис. 5.96в. Повреждения городского автобуса, вызванные ядерным взрывом на полигоне в штате Невада

по одной величине избыточного давления. Приведенная на рис. 4.58б номограмма степени повреждений в зависимости от расстояния дает средние условия с учетом всех этих фактов. Некоторое представление о действии ядерных взрывов на автотранспортные средства можно составить по фотоснимкам на рис. 5.96а, 5.96б, 5.96в, 5.96г. При максимальном избыточном

давлении в 0,35 кг/см² автомобили получили очень сильные повреждения: крыши и бока автомашин получили вмятины, стекла были разбиты, дверцы сорваны. Однако двигатели оставались в пригодном состоянии, и после взрыва эти машины могли дви-

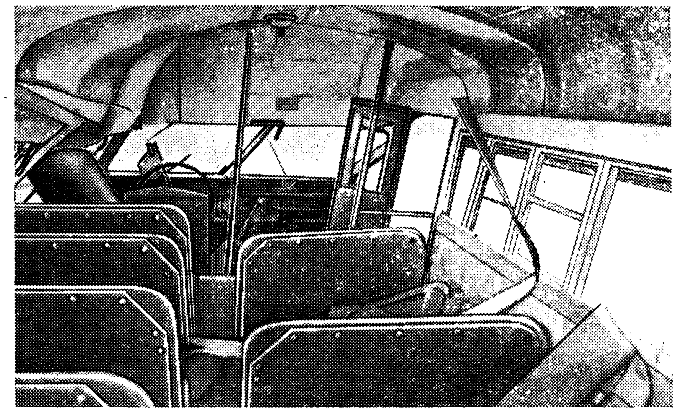


Рис. 5.96г. Повреждения внутреннего оборудования автобуса, вызванные действием ударной волны и светового излучения

гаться своим ходом. Даже при более высоких давлениях ударной волны, когда общие повреждения были больше, двигатели оставались неповрежденными.

Аварийные машины

5.97. В 1955 году в штате Невада были проведены испытания с целью определения возможности использования аварийных машин и имеющегося в них оборудования, после того как они подвергались воздействию ядерного взрыва. В числе испытанных автомашин были: аварийный автомобиль, автомобили технической службы газовых и электрических сетей, автомобиль технической помощи, автомашины телефонной службы, пожарные автомашины (с насосами и лестницами). Один из этих автомобилей подвергся воздействию избыточного давления в 2,1 кг/см², два — давлению 0,35 кг/см², два — давлению 0,12 кг/см² и шесть — давлению 0,07 кг/см². Необходимо подчеркнуть, однако, что избыточное давление не является единственным фактором, определяющим степень повреждения автомашин.

5.98. Автомобиль, подвергшийся воздействию давления в 2,1 кг/см², был полностью уничтожен, и после ядерного взрыва от него были найдены только одно колесо и часть оси. Автомо-

биль с закрепленной на нем буровой машиной был испытан под воздействием давления в 0,35 кг/см². Этот автомобиль был расположен так, что один из его бортов был перпендикулярен направлению распространения ударной волны. Автомобиль был опрокинут и несколько поврежден, однако находился в пригодном для использования состоянии (рис. 5.98). Буровая машина была сорвана с креплений и отброшена. В этом же месте был

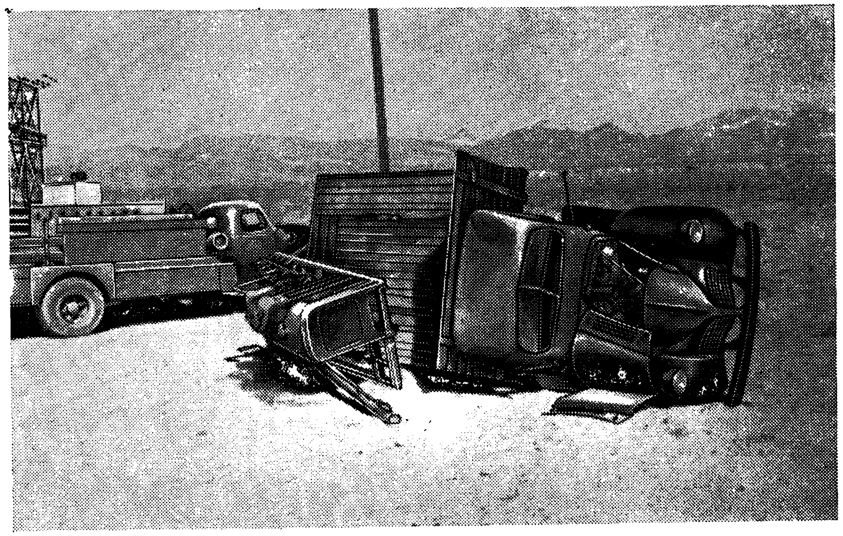


Рис. 5.98. Грузовой автомобиль, борт которого был обращен к месту взрыва, перевернут ударной волной. Специальный автомобиль (на заднем плане) был поврежден, но не опрокинут (избыточное давление 0,35 кг/см²)

помещен тяжелый автомобиль технической помощи, обращенный передней частью к месту взрыва (на рис. 5.98 он показан слева от перевернутого автомобиля). Этот автомобиль получил следующие повреждения: было разбито ветровое стекло, помяты обе дверцы и кабина, частично сорван капот и смята дверца инструментального ящика. Ни инструменты, ни оборудование автомобиля не пострадали, и после взрыва он мог двигаться своим ходом.

5.99. В зоне действия избыточного давления в 0,12 кг/см² находились легкий специальный автомобиль электрослужбы и пожарный автомобиль с выдвижной лестницей длиной 21,5 м, получившие лишь легкие повреждения: были выбиты стекла и образовались вмятины. Ни в том, ни в другом автомобиле оборудование не пострадало, и обе машины могли быть использованы сразу после взрыва. Остальные автомобили — два автомобиля телефонной службы, две автомашины службы газовой сети, пожарный автомобиль с насосом, ¼-тонный пожарный автомобиль, подвергшиеся воздействию избыточного давления в 0,07 кг/см², — в основном от взрыва не пострадали.

5.100. Приведенные данные позволяют сделать вывод, что аварийные автомобили различных служб имеют прочную конструкцию и могут противостоять избыточному давлению ударной волны, равному 0,35 кг/см², и соответствующему скоростному напору. Инструменты и оборудование благодаря размещению их в специальных отделениях с прочными дверцами или в кузовах машин защищены от непосредственного воздействия ударной волны.

Железнодорожный подвижной состав

5.101. Сильное повреждение железнодорожного подвижного состава имело место как во время ядерных взрывов в Японии, так и при испытании в штате Невада. Подобно автотранспортным средствам, железнодорожный подвижной состав представляет собой объекты, в первую очередь чувствительные к скоростному напору; поэтому полученные ими повреждения нельзя всецело относить за счет воздействия избыточного давления. При максимальном избыточном давлении в 0,14 кг/см² деревянный товарный вагон без груза получил сравнительно небольшие повреждения. Такой же груженый вагон при избыточном давлении в 0,28 кг/см² получил более тяжелые повреждения (рис. 5.101а). При максимальном избыточном давлении в 0,42 кг/см² деревян-

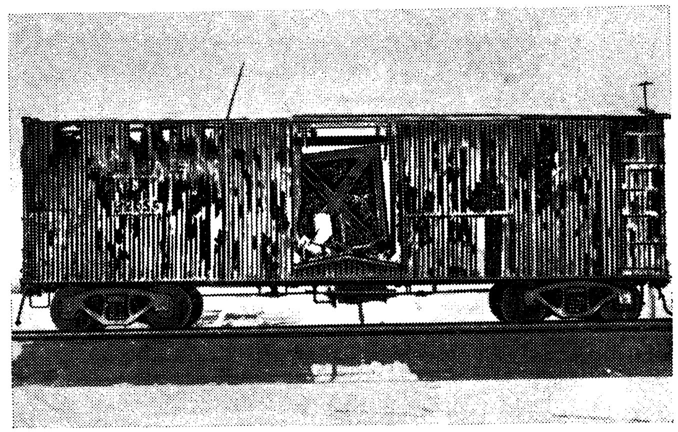


Рис. 5.101а. Деревянный товарный вагон после ядерного взрыва (избыточное давление 0,28 кг/см²)

ный товарный вагон без груза, весящий около 20 тонн, был сорван с тележки и отброшен на 2 м в сторону. Тележка вагона также была сброшена с рельсов, очевидно, потому, что она была присоединена к вагону при помощи тормозных тяг. Товарный вагон, загруженный мешками с песком общим весом в 30 т, находившийся в той же зоне, остался на рельсах (рис. 5.101б). Хотя крыша и стенки вагона получили сильные повреждения, вагон мог двигаться по рельсам. При давлении в 0,52 кг/см² груженый вагон такого же типа был опрокинут, а при давлении в 0,63 кг/см² был полностью разрушен.

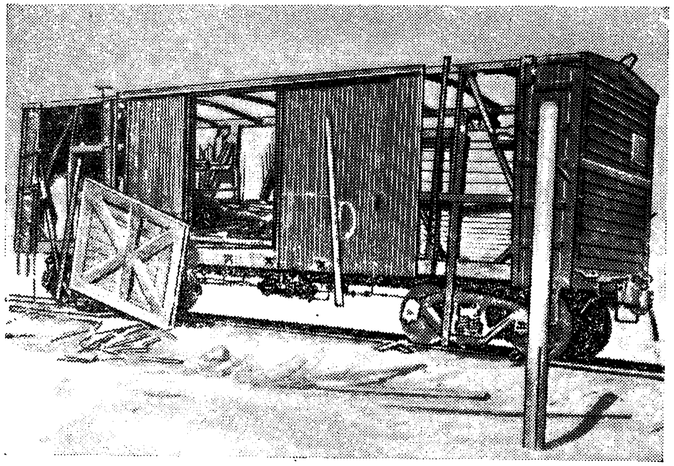


Рис. 5.101б. Деревянный товарный вагон после ядерного взрыва (избыточное давление 0,42 кг/см²)

5.102. Тепловоз весом в 46 т был подвергнут воздействию ударной волны в 0,42 кг/см², в то время как его двигатель продолжал работать. Несмотря на повреждение окон и дверей, двигатель тепловоза продолжал работать после взрыва. Железнодорожный путь повреждений не получил.

Транспортные самолеты на аэродромах

5.103. Транспортные самолеты получают повреждения при очень низких избыточных давлениях в 0,07—0,14 кг/см². Можно предположить, что при избыточном давлении в 0,28—0,42 кг/см² они будут полностью разрушаться либо подвергаться таким разрушениям, что восстановление их будет совершенно нецелесообразно. В пределах указанных величин избыточного давления главным разрушающим фактором, очевидно, является

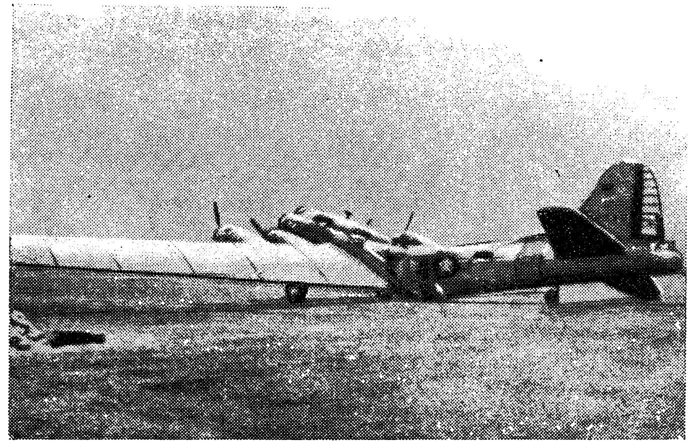


Рис. 5.104а. Самолет после ядерного взрыва; фюзеляж самолета ориентирован перпендикулярно к направлению распространения ударной волны (избыточное давление 0,25 кг/см²)

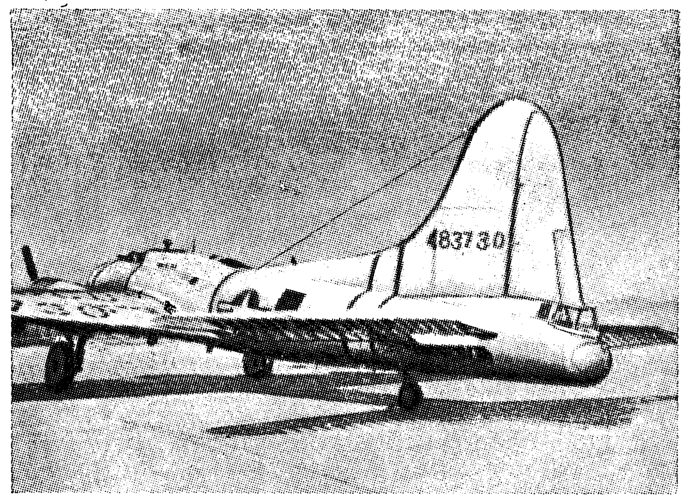


Рис. 5.104б. Повреждения самолета, обращенного хвостовой частью к месту взрыва (избыточное давление 0,17 кг/см²)

само это давление. Однако, как показали испытания, при одном и том же давлении самолеты, обращенные к месту взрыва своей носовой частью, получают меньше повреждений, нежели самолеты, обращенные к месту взрыва боковой стороной или хвостовой частью.

5.104. На рис. 5.104а показаны повреждения, полученные самолетом, обращенным к месту взрыва левой стороной, при избыточном давлении в 0,25 кг/см^2. В результате взрыва часть фюзеляжа самолета непосредственно за плоскостями оказалась полностью разрушенной. Сильно деформировались обшивка фюзеляжа, стабилизаторов и капоты моторов. На рис. 5.104б показаны повреждения самолета, обращенного хвостовой частью к месту взрыва, при избыточном давлении в 0,17 кг/см^2. Как видно из рисунка, обшивка вертикального стабилизатора, горизонтальных стабилизаторов, поверхности крыла выше элеронов и наружные части крыла были смяты. Деформированы перемычки вертикального стабилизатора и каркас фюзеляжа около кабины.

Суда

5.105. Данные о воздействии воздушной ударной волны на суда и их оборудование были получены в результате испытания «Эйбл» (ядерный взрыв мощностью 20 килотонн в воздухе) у атолла Бикини в июле 1946 года. Из полученных данных следует, что суда всех типов, находившиеся на расстоянии 0,75—0,9 км от эпицентра взрыва, т. е. подвергшиеся воздействию максимального избыточного давления приблизительно от 0,70 до 0,84 кг/см^2, были серьезно повреждены (рис. 5.105а и 5.105б) или потоплены. Средние повреждения были нанесены судам, находившимся на расстоянии 1,35 км (максимальное избыточное давление равно 0,42 кг/см^2), а в радиусе 1,8 км (максимальное избыточное давление равно 0,28 кг/см^2) наблюдались лишь незначительные повреждения.

5.106. На уцелевших судах машинное оборудование, как правило, не повреждалось. Исключением служили котлы и вытяжные устройства, легко повреждаемые затекающей внутрь ударной волной, что и являлось причиной выхода судов из строя. Серьезные повреждения котлы получали на расстоянии до 0,8 км, повреждения среднего порядка — на расстоянии до 1,2 км и легкие — на расстоянии до 1,5 км, при соответствующих величинах максимального избыточного давления в 0,77, 0,56 и 0,35 кг/см^2.

5.107. Задраивание иллюминаторов перед ядерным взрывом не предохраняло от серьезных повреждений легкие конструкции и чувствительное к ударной нагрузке оборудование внутри судна. Возможно, что эти повреждения можно было бы ослабить при помощи амортизирующих устройств.

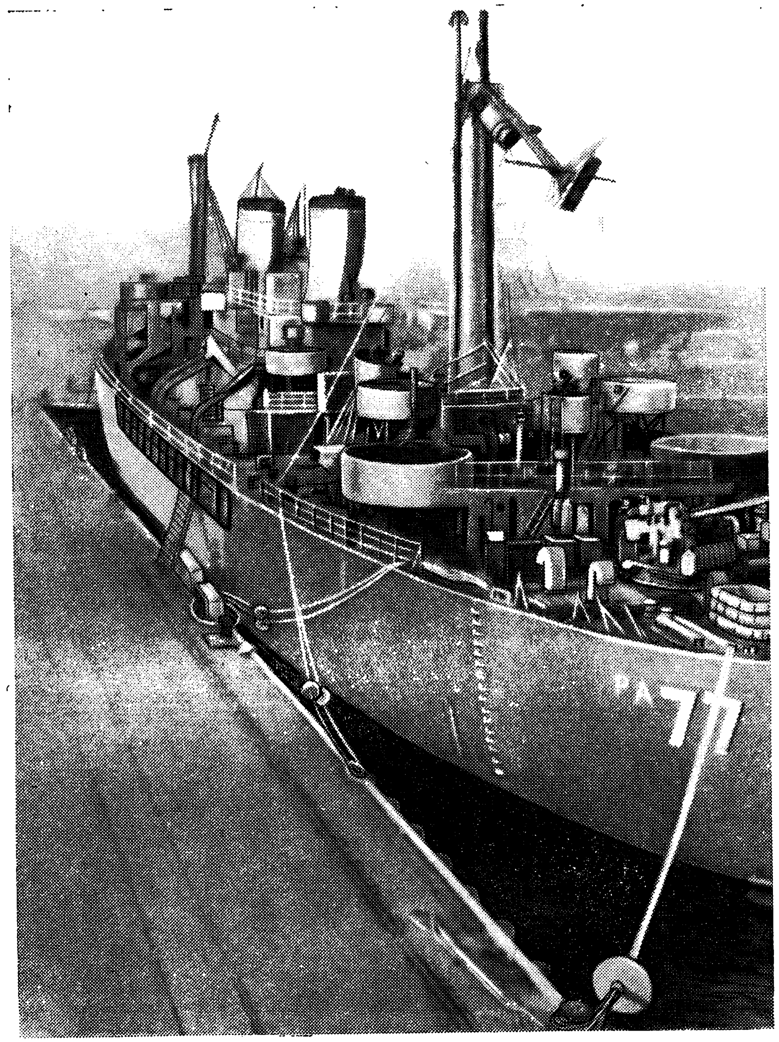


Рис. 5.105а. Военный корабль «Криттенден» после испытаний «Эйбл»; взрывом вызваны серьезные повреждения (0,75 км от эпицентра взрыва)

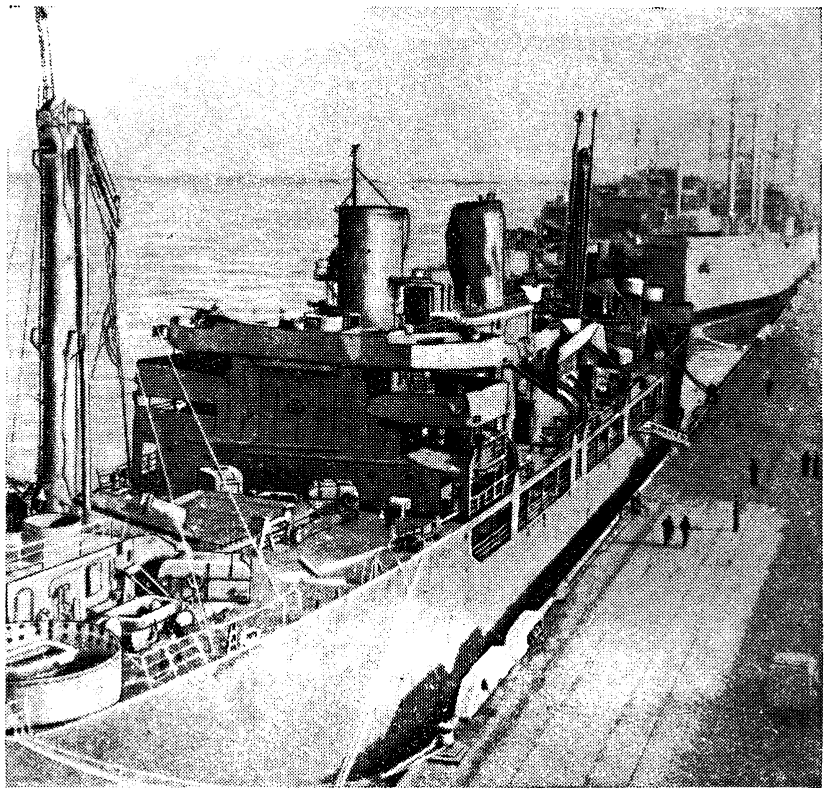


Рис. 5.105б. Характер повреждений палубных надстроек военного корабля «Криттенден»; на фотоснимке видны сломанные мачты, деформированные трубы и поврежденный мостик

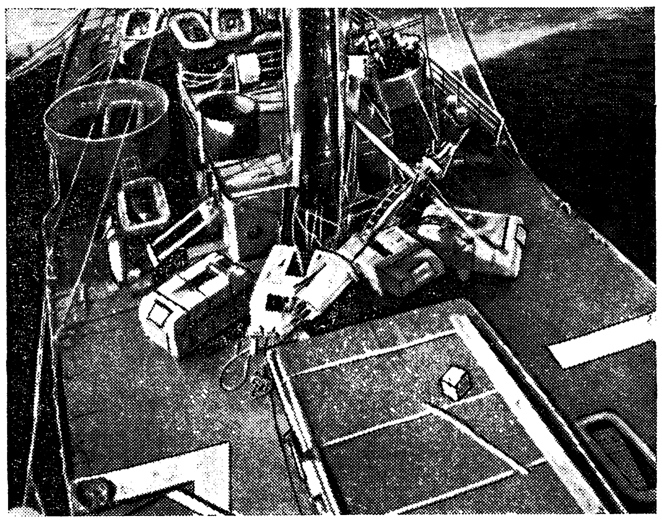


Рис. 5.108а. Повреждения в носовой части военного корабля «Криттенден» во время испытаний «Эйбл»

5.108. Палубные надстройки не были ничем защищены, и поэтому при ядерном взрыве они получили серьезные повреждения (рис. 5.108а и 5.108б). Мачты, рангоуты и радиолокационные антенны очень чувствительны к нагрузке торможения, и потому

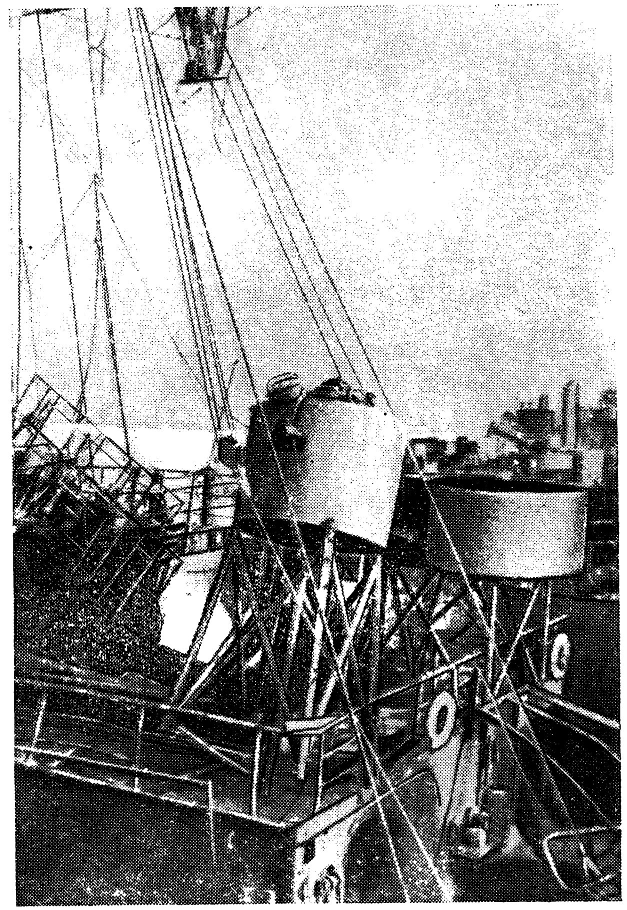


Рис. 5.108б. Повреждения на корме военного корабля «Криттенден»

получаемые ими повреждения определяются главным образом скоростным напором и длительностью фазы сжатия ударной волны. Можно ожидать, что результаты воздействия ядерного взрыва на них будут такими же, как и на аналогичные наземные объекты.

КОММУНАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И СРЕДСТВА СВЯЗИ

Линии электропередач

5.109. При ядерных взрывах в Японии сильно пострадали линии электропередач. Столбы воздушных линий электропередач были уничтожены ударной волной или огнем, а воздушные линии

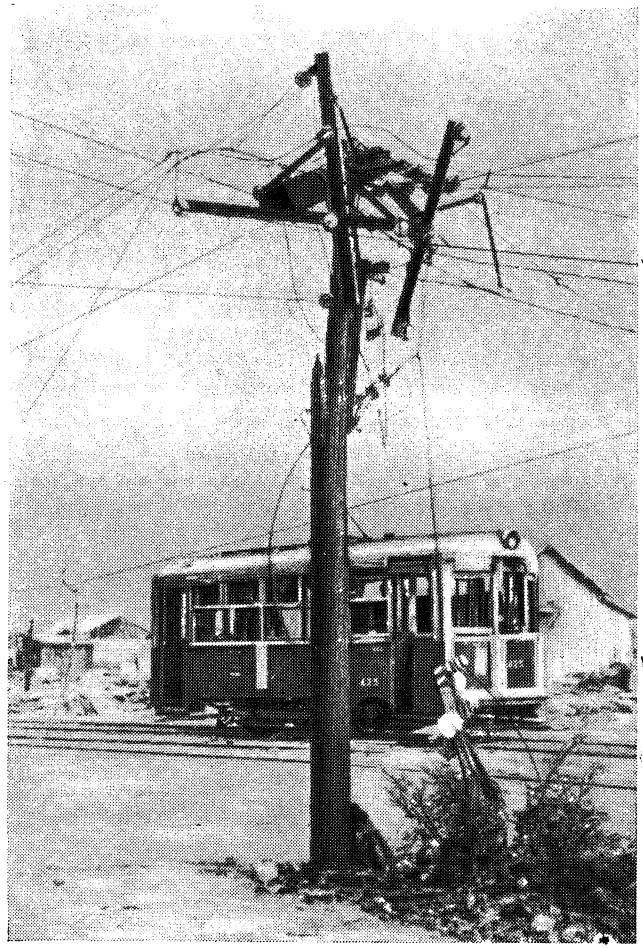


Рис. 5.109. Повреждения опоры электросети в результате взрыва в Хиросиме (1300 м от эпицентра взрыва)

сильно пострадали на расстоянии до 2,7 км от эпицентра взрыва (рис. 5.109). Подземные линии электропередач пострадали мало. Переключатели и трансформаторы получили повреждения главным образом в результате разрушения зданий, в которых они находились. Повреждения электромоторов и генераторов вызывались пожарами.

5.110. Во время испытаний 1955 г. в штате Невада довольно подробно изучалось действие ядерного взрыва на систему электроснабжения. Целью этого изучения было: 1) определить, при каком максимальном давлении ударной волны стандартное электрооборудование практически не повреждается; 2) определить масштабы и характер повреждений, которые можно ожидать при ядерном нападении; 3) определить характер ремонтных работ, необходимых для возобновления подачи электроэнергии в районы, где жилые дома и предприятия окажутся после взрыва в удовлетворительном состоянии, допускающем их использование после некоторого ремонта. Для этого были подготовлены две одинаковые системы электроснабжения, одна из которых должна была подвергнуться избыточному давлению около 0,35 кг/см^2 и скоростному напору около 0,042 кг/см^2, а другая — избыточному давлению 0,12 кг/см^2 и скоростному напору 0,007 кг/см^2. Следует напомнить, что при давлении ударной волны, равном примерно 0,12 кг/см^2, типичным американским жилым домам наносятся легкие повреждения, допускающие быстрое их восстановление.

5.111. Каждая из испытывавшихся энергосистем состояла из высоковольтной (69 тыс. в) линии электропередачи, имевшей стальные опоры и подключенной к обычной наружной трансформаторной подстанции, и типичной воздушной распределительной линии, присоединенной к трансформаторной подстанции и подвешенной на 15 деревянных столбах (высота столбов 13,5 м; столбы заглублены в землю на 1,8 м). От этой линии шли вводы, подключенные к оборудованию, установленному в некоторых из домов, испытание которых было описано выше. Такие энергосистемы обычно применяются в населенных пунктах городского типа. Наряду с этим испытывалось также оборудование, применяемое для энергоснабжения крупных промышленных предприятий. Оно было представлено высоковольтной линией электропередачи на 69 тыс. в с высоковольтным распределительным устройством, с масляными выключателями и трансформатором.

5.112. При избыточном давлении ударной волны ядерного взрыва, равном 0,35 кг/см^2, и скоростном напоре в 0,042 кг/см^2 система электроснабжения пострадала не очень сильно. По своему характеру повреждения напоминали последствия сильных ураганов. Помимо непосредственного воздействия ударной волны некоторые повреждения энергосистемы были вызваны ударами летящих предметов.

5.113. Повреждение высоковольтной линии в результате взрыва заключалось в падении одной из опорных мачт, а в связи с этим и части проводов (рис. 5.113а). Следует отметить, что конечная опора, которая была значительно тяжелее и прочнее, и еще одна опора несколько более прочной конструкции были по-

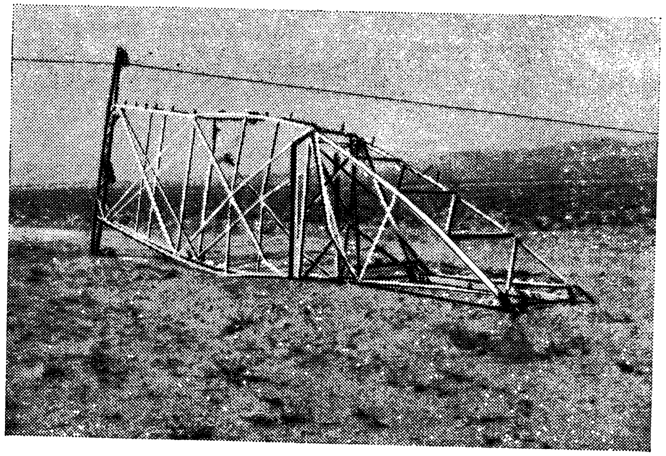


Рис. 5.113а. Падение мачты высоковольтной линии электропередачи в результате ядерного взрыва мощностью в 30 килотонн на полигоне в штате Невада (избыточное давление 0,35 кг/см²)

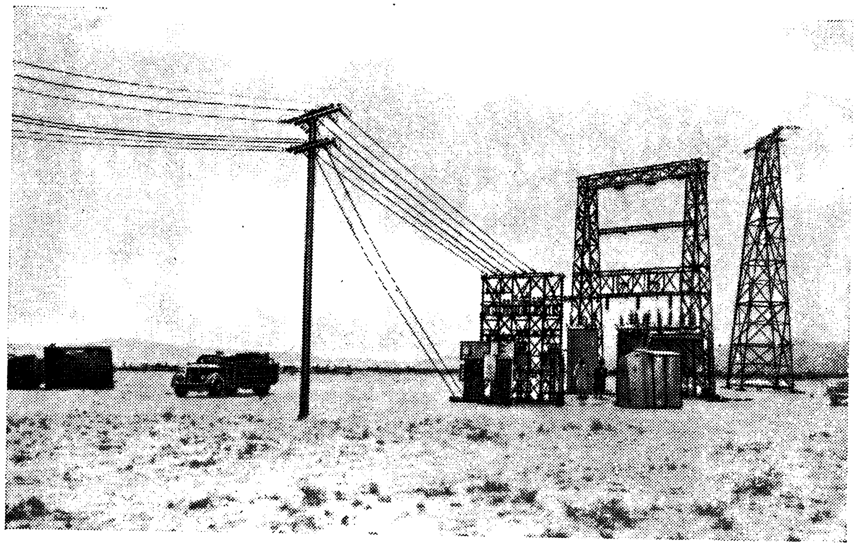


Рис. 5.113б. Конечные опорные мачты высоковольтной линии электропередачи после ядерного взрыва мощностью в 30 килотонн на полигоне в штате Невада (избыточное давление 0,35 кг/см²)

вреждены незначительно (рис. 5.113б). В некоторых районах США применяются опоры подобной тяжелой конструкции. Однако сооружения этого типа чувствительны к скоростному напору, поэтому величина избыточного давления не является фактором, определяющим степень повреждения.

5.114. Трансформаторная подстанция в результате воздействия ударной волны получила сравнительно небольшие повреждения. В результате взрыва был сильно разбит металлический контейнер, в котором помещались измерительные приборы, батареи

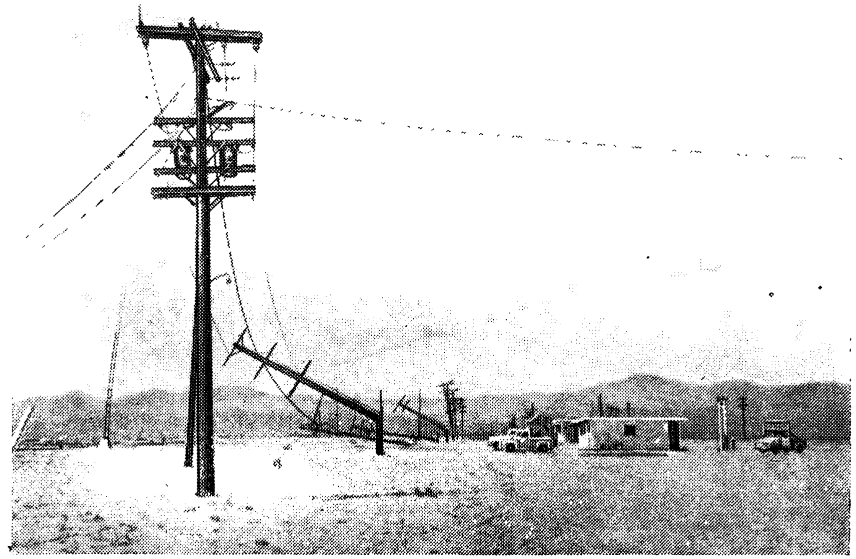


Рис. 5.115. Столбы линии электропередачи, поваленные в результате ядерного взрыва на полигоне в штате Невада (избыточное давление 0,35 кг/см²)

и реле; однако в чрезвычайных условиях энергосистема может функционировать и без подстанции с ее оборудованием; 4-киловольтные регуляторы были смещены взрывом со своих бетонных оснований, что привело к нарушению их контакта с шинами. Стеклянные банки аккумуляторных батарей были разбиты, и большая часть аккумуляторных пластинок приведена в полную негодность. В то же время реле, измерительные и другие приборы не пострадали, если не считать разбитых защитных стекол. В целом подстанция была в достаточно удовлетворительном состоянии, допускавшем эксплуатацию при неавтоматическом (ручном) управлении. При замене аккумуляторных батарей можно было бы возобновить работу с автоматическим управлением.

5.115. Из 15 деревянных столбов, использованных для подвески проводов, соединявших подстанцию с потребителями, четыре были сломаны и повалены, а два сильно повреждены. Падение столбов отчасти объяснялось весом и прочностью проводов (рис. 5.115). Другие повреждения были, видимо, получены в результате ударов летящих предметов.

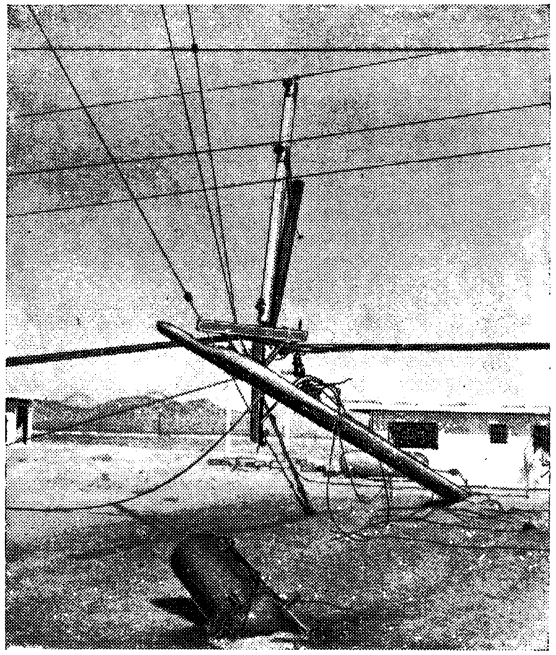


Рис. 5.116. Трансформатор, упавший со столба, поваленного в результате ядерного взрыва на полигоне в штате Невада (избыточное давление 0,35 кг/см²)

5.116. Некоторые распределительные трансформаторы силой взрыва были сорваны со столбов (рис. 5.116); были сорваны также вторичные провода и вводы. Другие трансформаторы, концевые муфты, разрядники, выключатели, воздушные кабели остались неповрежденными. Для восстановления этой линии необходимо произвести некоторые ремонтные работы, которые, по-видимому, можно закончить приблизительно за одни сутки с использованием обычных материалов, имеющихся на складах электрических компаний.

Газовые, водопроводные и канализационные сети

5.117. Система коммунального хозяйства Нагасаки была аналогична системам, существующим в более мелких городах США, за исключением того, что в канализационной системе Нагасаки использовались также открытые каналы. Наиболее значительный ущерб был нанесен системе водоснабжения, ввиду чего вести борьбу с пожарами было почти невозможно. Давление воды в водопроводе упало в результате разрыва труб внутри зданий

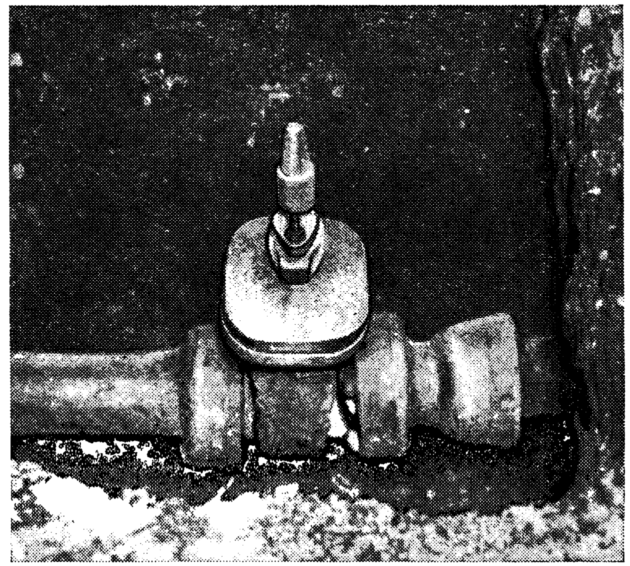


Рис. 5.117а. Четырехдюймовый запорный вентиль водопроводной магистрали, поврежденный обломками кирпичной стены при взрыве в Хиросиме (370 м от эпицентра взрыва)

или в местах ввода их в здания и сооружения (рис. 5.117а и 5.117б). Подземные магистрали не повреждались. Единственным исключением был разрыв чугунной 12-дюймовой водопроводной магистрали, проложенной на участке с насыпным грунтом, на глубине 0,9 м. На поверхности этого участка образовался ряд углублений. Разрыв трубы, вероятно, произошел вследствие наличия этих углублений, а также вследствие неравномерного смещения магистрали.

5.118. При ядерных взрывах в Японии не было отмечено значительных повреждений резервуаров и очистных сооружений. Эти сооружения, как и всюду, были расположены далеко за городом и оказались поэтому практически вне зоны действия взрыва.

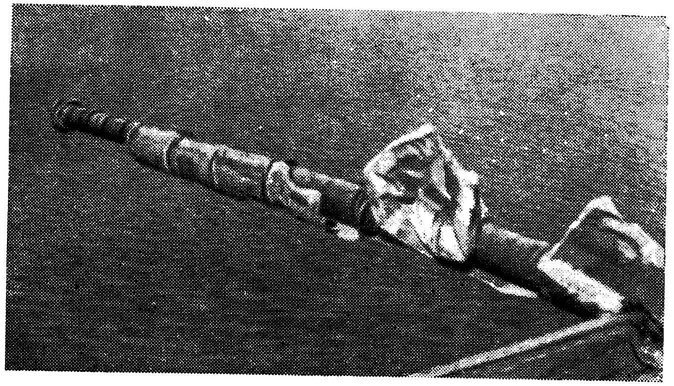


Рис. 5.117б. Повреждение 16-дюймовой водопроводной магистрали, проложенной по мосту, в результате ядерного взрыва в Хиросиме (370 м от эпицентра взрыва)

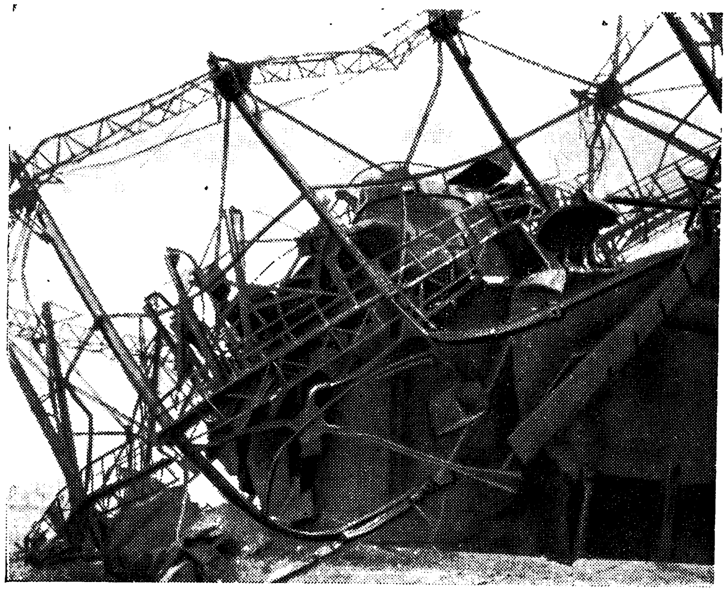


Рис. 5.119. Газгольдер, разрушенный в результате ядерного взрыва в Нагасаки (1000 м от эпицентра взрыва)

5.119. Газгольдеры, расположенные на расстоянии до 1,8 км от эпицентра взрыва, были серьезно повреждены, а хранившийся в них газ загорелся. Однако взрывов газа не произошло (рис. 5.119). Подземные газовые магистрали от ядерного взрыва, по-видимому, не пострадали.

Установки для подачи природного и искусственного газа

5.120. При испытаниях 1955 г., проведенных в штате Невада, производилось также определение характера возможных повреждений устройств, предназначенных для снабжения природным и искусственным газом. При этом предполагалось, в частности, собрать данные о действии ударной волны на важнейшие подземные устройства типовой газораспределительной системы.

5.121. Были испытаны два типа участков газовой сети. Каждый из этих типов был представлен двумя одинаковыми участками сети. Одна система представляла собой обычную подземную транспортирующую и распределительную главную магистраль, состоящую из 6-дюймовых стальных и чугунных труб, проложенных на глубине 0,9 м, с обычными вспомогательными устройствами. 6-дюймовые вентили газопроводов, снабженные защитными кожухами, были смонтированы в кирпичных или бетонных смотровых колодцах. 6-дюймовый регулятор низкого давления находился в подземной камере. Одна подземная газовая магистраль этого типа была проложена в зоне, где избыточное давление ударной волны составляло около 2,1 кг/см², а другая — в зоне с избыточным давлением 0,35 кг/см². Следует отметить, что при таком высоком избыточном давлении на поверхности полностью разрушаются все гражданские сооружения обычного типа.

5.122. Вторая система представляла собой участок обычной распределительной сети, который включал в себя отрезок главного стального газопровода длиной 6 м с присоединенными к нему ответвлениями, доведенными до потребителей. Распределительные газопроводы состояли из стальных, медных и пластмассовых труб, эти газопроводы выводились на поверхность у стен домов-потребителей, где они присоединялись к редукторам и счетчикам, и затем на высоте 0,6 м вводились в стену дома. Концы медных и пластмассовых труб заделывались в стене, чтобы в случае смещения стены с фундамента они были бы подвергнуты воздействию соответствующей нагрузки. Стальная труба также заделывалась внутри стены, но, кроме того, она присоединялась снаружи к трубе, которая на уровне земли была проложена с задней стороны дома, где присоединялась к внутренней системе труб. Это последнее соединение осуществлялось при помощи гибкой бесшовной бронзовой трубы, которая при помощи патрубка проходила через стену здания. В нескольких домах были установлены обычные газовые приборы; некоторые из них были присоединены к внутренним трубопроводам. Один из участков распре-

делительной сети подвергался воздействию избыточного давления 0,35 кг/см² и другой — 0,12 кг/см².

5.123. Ни одна из подземных газовых магистралей не пострадала существенно от ударной волны. В зоне, где избыточное давление составило 2,1 кг/см², был погнут 1,5-дюймовый вывод для измерения давления и сорваны маховик и крышка вентиля. В той же зоне чуть ниже поверхности земли были срезаны две 4-дюймовые вентиляционные трубы подземных регуляторных камер. В местах соединений труб и вентилей появилась незначительная утечка газа, вызванная, по всей вероятности, сотрясением в грунте, происшедшим в результате воздействия ударной волны.

5.124. В зоне с избыточным давлением 0,12 кг/см², где не было серьезных повреждений домов, распределительная сеть как внутри, так и снаружи зданий не пострадала, не были повреждены также редукторы и газовые счетчики. В двухэтажном кирпичном доме, полностью разрушенном вследствие воздействия избыточного давления, равного 0,35 кг/см², трубы в подвале были смещены и погнуты вследствие обрушивания первого этажа. Счетчик и регулятор давления не были повреждены, хотя сам счетчик был сорван со своего места и упал на землю. Остальное оборудование газовой магистрали не пострадало.

5.125. Газовые приборы такие, как холодильники, плиты, комнатные камины, сушилки для одежды и водонагреватели, в результате взрыва получили умеренные повреждения, вызванные в основном разрушением зданий, в которых они были установлены. Наблюдалось смещение этих приборов со своих мест и нарушение их соединений с трубами. Однако даже в обрушившемся двухэтажном кирпичном здании опрокинутые холодильник и газовая плита, по-видимому, оставались в исправном состоянии, хотя и были погребены под обломками. Из этого можно сделать вывод, что бытовые газовые (так же как и электрические) приборы, находящиеся в домах, не получивших тяжелых повреждений, будут оставаться в исправном состоянии.

5.126. Судя по всему, мало что можно сделать для придания большей устойчивости системе газораспределения. Чтобы уменьшить утечку газа в связи с нарушением герметичности в местах соединений труб, вызываемым сотрясением грунта, можно рекомендовать усилить герметизацию этих мест и заменить уплотнительные материалы. Прокладывание распределительных газопроводов, а также установку вентилей, регуляторов и контрольных приборов целесообразно производить как можно глубже, чтобы свести к минимуму повреждения, вызываемые ударной волной и летящими предметами.

Установки со сжиженным нефтяным газом

5.127. Во время испытаний 1955 года было произведено определение устойчивости к действию ударной волны ядерного взрыва различных типов газораспределения от резервуаров со сжиженным нефтяным газом. Такие системы используются в пригородах, на отдельных фермах, на крупных складах, в промышленных и коммунальных предприятиях. Интересно было установить, в какой мере можно рассчитывать на использование сжиженного нефтяного газа в качестве топлива в условиях, создающихся после ядерного нападения.

5.128. Испытывались два вида обычных бытовых или небольших промышленных газовых установок: 1) система, состоящая из двух стандартных взаимозаменяемых баллонов, содержащих 45 кг газа каждый, и 2) резервуар емкостью 1900 л, наполняемый из автоцистерн. Некоторые из этих резервуаров были установлены на открытой местности, другие были присоединены при помощи медных или стальных труб к внутренней газовой сети домов, подвергшихся при взрыве воздействию избыточного давления 0,35 кг/см² и 0,12 кг/см². Некоторые газовые установки испытывались при избыточном давлении ударной волны 1,75 и 0,7 кг/см². В этих случаях трубы от газовых контейнеров пропускались через бетонную стенку, имитировавшую стену дома.

5.129. Кроме описанных выше устройств в зоне с избыточным давлением 0,35 кг/см² было установлено хранилище сжиженного газа. Комплекс сооружений хранилища включал в себя резервуар емкостью 68 м³, в котором содержалось 58 360 л пропана, компрессор, помещение для наполнения баллонов, склад газовых баллонов. Кроме того, в хранилище имелись необходимые вспомогательные принадлежности (вентили, шланги и соединительные трубопроводы).

5.130. При избыточном давлении 1,75 кг/см² сильнее всего пострадала установка со спаренными газовыми баллонами; при этом были сорваны регуляторы давления и отброшены в стороны газовые баллоны. Один из баллонов был отброшен на 600 м; этот баллон был сильно помят, однако его можно было использовать. При максимальном избыточном давлении 1,75 и 0,7 кг/см² соединения между отдельными элементами испытывавшихся газовых установок, как правило, нарушались, но обычно они могли быть вновь использованы. При избыточном давлении 0,35 кг/см² повреждения газовых баллонов и установок в основном вызывались ударами летящих предметов и обломков, образовавшихся в результате повреждения тех домов, к которым они были присоединены. Детали этих установок, за исключением медных труб, в результате взрыва пострадали мало и оставались в исправном состоянии. При избыточном давлении 0,12 кг/см² баллоны со сжиженным газом не получили каких-либо повреждений и не были даже смещены со своих мест. Только в одном из испытывавшихся баллонов возникла небольшая утечка вследствие пробивания баллона острым предметом.

5.131. Резервуары емкостью 1900 л оказались очень прочными и мало пострадали от взрыва. Резервуар, расположенный ближе всего к месту взрыва, под действием ударной волны был отбро-

шен на 200 м, но, тем не менее, получил только наружные повреждения, которые не препятствовали его дальнейшему использованию. У этого резервуара был поврежден вентиль, используе-

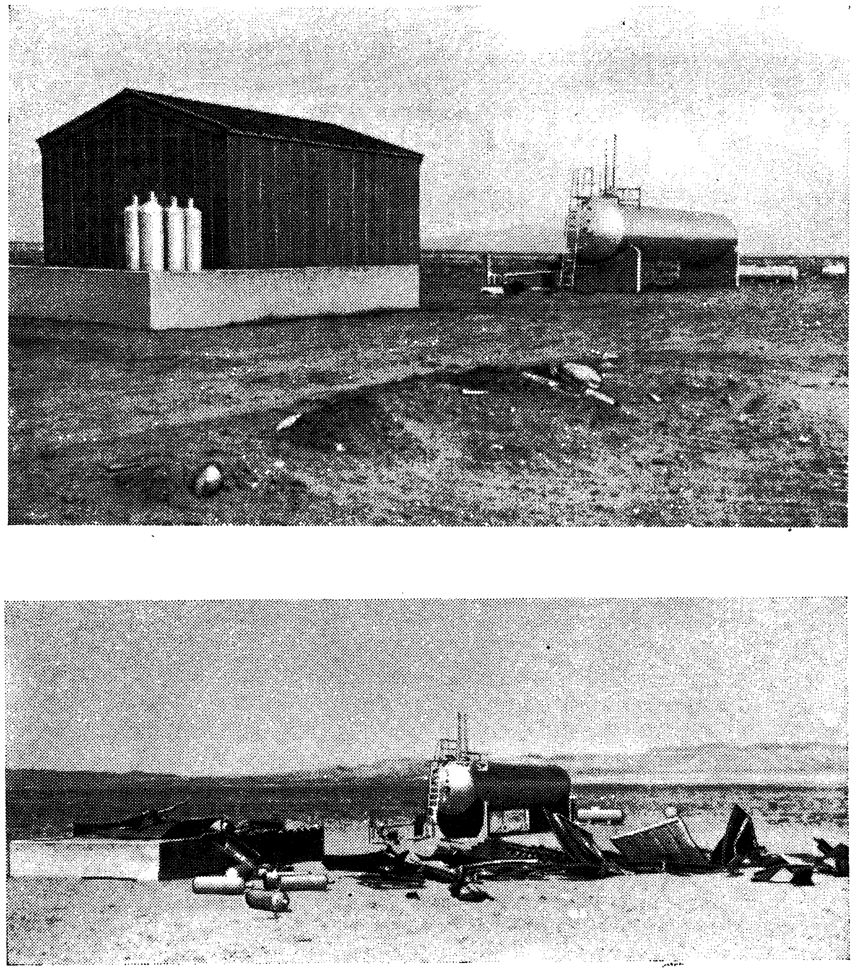


Рис. 5.132. Верхний фотоснимок — хранилище сжиженного нефтяного газа и оборудование для заправки перед ядерным взрывом. Нижний фотоснимок — эти же объекты после взрыва (избыточное давление 0,35 кг/см²)

мый при наполнении, но благодаря наличию внутреннего запорного вентиля утечки газа при этом не произошло. Резервуар, подвергшийся избыточному давлению 0,7 кг/см², был сдвинут

на 1,5 м, но почти не пострадал. При давлении 0,35 и 0,12 кг/см² резервуары не были сдвинуты со своих мест и не пострадали (рис. 5.38).

5.132. При избыточном давлении 0,35 кг/см² оборудование хранилища сжиженного газа емкостью 68 м³ получило небольшие повреждения. Помещение для наполнения баллонов было разрушено полностью; весы для взвешивания баллонов были разбиты, трубопровод был разорван в месте его ввода в помещение (рис. 5.132). Однако эти повреждения не вывели установку из рабочего состояния, так как основное оборудование находилось снаружи и существенно не пострадало. Все вентили и почти все трубопроводы установки остались целыми, и никакой утечки газа не произошло. Установку легко было бы вновь ввести в действие при условии восстановления силового агрегата. При отсутствии возможности запустить насос жидкий пропан мог бы поступать из резервуара самотеком.

5.133. На основании результатов этих испытаний можно сделать вывод о том, что стандартное оборудование установок со сжиженным газом, за исключением медных трубопроводов, отличается высокой прочностью. Поэтому нарушения в подаче газа в результате ядерного нападения, по всей вероятности, будут носить местный и незначительный характер. В связи с этим сжиженный газ может оказаться очень полезным топливом в чрезвычайных условиях. Там, где сжиженный газ применяется в качестве топлива, снабжение газом при взрыве, по-видимому, не будет нарушено при условии, если сам дом не получит при этом сильных повреждений.

Оборудование связи

5.134. Учитывая совершенно очевидную необходимость сохранения оборудования связи после ядерного нападения, в 1955 году в штате Невада были испытаны следующие виды такого оборудования: подвижные системы и агрегаты радиосвязи, стандартный радиовещательный передатчик, антенные мачты, бытовые радиоприемники и телевизоры, телефонное оборудование (включая небольшой телефонный коммутатор), громкоговорители и сирены. Некоторые виды этого оборудования были установлены в зоне, где максимальное избыточное давление составило 0,35 кг/см²; в зоне с избыточным давлением 0,12 кг/см² в большинстве случаев испытывались однотипные установки. При избыточном давлении 0,12 кг/см² повреждения оборудования связи были столь незначительны, что о них не стоит и говорить. Радиусы зон повреждений оборудования связи зависят не только от избыточного давления, но также и от других факторов. Соответствующие данные приведены на рис. 4.58б.

5.135. В зоне действия избыточного давления 0,35 кг/см², где испытанные типовые дома подвергались полному разрушению,

оборудование связи оказалось довольно устойчивым к действию ударной волны. Стандартные радиоприемники, телевизоры и подвижные радиостанции оставались после ядерного взрыва в рабочем состоянии, хотя и были в некоторых случаях повреждены снаружи летящими предметами или сброшены вниз с небольшой

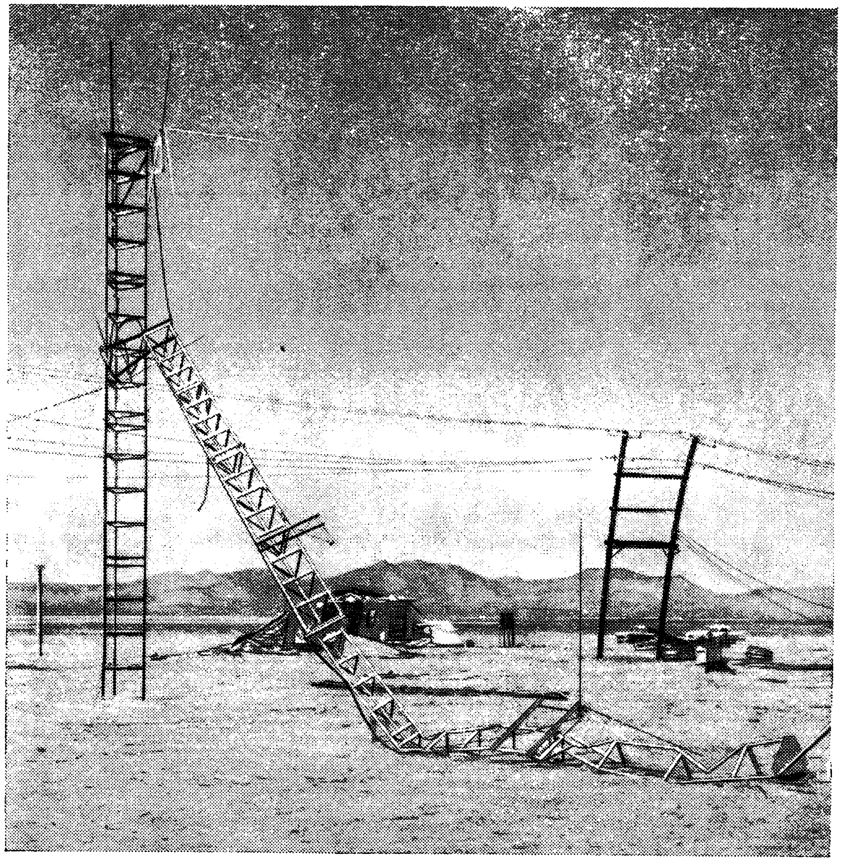


Рис. 5.136. Разрушение легкой антенной мачты высотой 36 м в результате ядерного взрыва мощностью 30 килотонн на полигоне в штате Невада (избыточное давление 0,35 кг/см²)

высоты. Ни вакуумные лампы, ни телевизионные трубки не были разбиты. Сильно пострадала только одна радиостанция, смонтированная на автомобиле, которая была раздавлена упавшей дымовой трубой.

5.136. Антенная мачта высотой 45 м, дополнительно закрепленная растяжками, осталась неповрежденной, другая антенная мачта, высотой 36 м, более легкой конструкции, не имевшая растяжек, была сломана на высоте 12 м и упала на землю (рис. 5.136). Это было единственным серьезным повреждением испытывавшегося оборудования связи.

5.137. Антенны радиостанций, находившиеся на мачтах, довольно хорошо выдержали воздействие ударной волны; была повреждена только антенна, установленная на мачте без растяжек, сломавшейся при взрыве. Антенны телевизоров вследствие их легкой конструкции пострадали в наибольшей степени. Некоторые из них были погнуты в результате действия ударной волны или вследствие обрушивания зданий, на которых они были установлены. Поскольку при избыточном давлении 0,35 кг/см² здания обычно разрушались полностью, выход из строя телевизионных антенн на этих зданиях не имеет большого значения.

5.138. Следует отметить, что во многих случаях телефонная связь и энергоснабжение оборудования связи осуществляются при помощи воздушных линий, поэтому при падении столбов, что иногда имело место, нарушается и работа связи. После необходимого ремонта оборудование связи снова удовлетворительно работало. Можно считать, что снабжение электроэнергией является наиболее слабым звеном в системе мероприятий по обеспечению работы средств связи.

ГЛАВА 6

ДЕЙСТВИЕ НАЗЕМНЫХ, ПОДЗЕМНЫХ И ПОДВОДНЫХ ВЗРЫВОВ

ХАРАКТЕРИСТИКА НАЗЕМНОГО ВЗРЫВА

Воздушная ударная волна

6.01. В данной главе будут рассмотрены некоторые из эффектов, сопровождающих ядерные взрывы, произведенные на поверхности (или вблизи поверхности) земли, под землей и под водой; в частности, будут освещены вопросы, связанные с действием волны сжатия (ударной волны), образовавшейся в результате быстрого расширения чрезвычайно горячих и сильно сжатых газов в огненном шаре (гл. 2).

6.02. Сначала будет рассмотрен случай наземного взрыва, т. е. взрыва, происходящего на поверхности земли (контактный взрыв) или на некоторой высоте, равной или меньшей такой высоты, при которой характерные для взрыва явления будут подобны явлениям, происходящим при контактном взрыве. Хотя некоторая доля энергии такого взрыва, как это будет показано ниже, расходуется на образование воронки, значительная часть ее выделяется в виде воздушной ударной волны. Так как взрыв происходит близко от поверхности, слияние прямой и отраженной ударных волн происходит вблизи эпицентра. Действительно, как показано в главе 3, в случае контактного взрыва, когда ядерный заряд взрывается на поверхности земли, падающая и отраженная волны немедленно сливаются, образуя, как показано на рис. 3.30, полусферический фронт головной ударной волны.

6.03. Параметры воздушной ударной волны, образующейся при эталонном наземном взрыве (наземный ядерный взрыв мощностью в 1 килотонну) в зависимости от расстояния до эпицентра взрыва, были даны в конце главы 3. Отмеченный там закон подобия может быть использован для определения параметров воздушной ударной волны при наземном взрыве любой мощности.

Образование воронки

6.04. В главе 2 было упомянуто, что при наземном взрыве значительное количество грунта испаряется вследствие чрезвычайно высокой температуры. Этот материал увлекается восходящими потоками воздуха, возникающими при подъеме огненного шара, и в конечном счете конденсируется в атомном облаке. Что касается воронки, то основным фактором, определяющим ее образование, является перемещение грунта под действием давления, обусловленного быстрым расширением раскаленного газового пузыря. Кроме того, известную роль в определении конфигурации воронки играет ударная волна. Удаление грунта из воронки происходит путем его сдвига, выброса и испарения. При наземном взрыве небольшое количество грунта падает обратно в воронку и значительное количество его выбрасывается на края воронки, образуя гребень насыпи.

6.05. Если предположить для простоты, что взрыв был произведен на местности с сухим грунтом, то за пределами воронки можно выделить две более или менее заметно выделяющиеся зоны (рис. 6.46). Во-первых, имеется зона разрыва. В этой зоне в грунте образуется бесчисленное количество трещин различных размеров. Ниже расположена пластическая зона. В этой зоне видимых трещин не имеется, но грунт подвергается деформации и уплотняется. Пластическая деформация и сдвиг грунта по краям воронки способствуют образованию вала грунта вокруг воронки.

6.06. Толщина слоя грунта в зоне разрыва и пластической зоне зависит от вида грунта, а также от мощности и высоты взрыва. Если грунт представляет собой скалистые породы, то образуется зона разрыва, слой же грунта пластической зоны будет в этом случае очень тонким или даже этой зоны вообще не будет.

6.07. Непосредственно за пределами зоны образования воронки действие прямой волны сжатия на грунт обычно невелико по сравнению с вторичным действием воздушной ударной волны, проходящей над поверхностью земли и генерирующей волну сжатия в грунте. Как правило, можно утверждать, что повреждения заглубленных сооружений за пределами пластической зоны будут вызваны прежде всего генерированной волной сжатия в грунте, а не действием прямой волны сжатия. Другая картина будет наблюдаться в отношении сооружений, заглубленных ниже эпицентра взрыва. Основным поражающим фактором в этом случае явится прямая ударная волна (п. 6.12).

6.08. Подсчитано, что при контактном наземном ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну диаметр воронки в сухом грунте будет составлять примерно 39 м; кроме того, насыпь грунта вокруг воронки будет иметь ширину примерно 18 м. Глубина воронки достигает около 9 м. В твердых скалистых породах (гранит, песчаник) размеры воронки будут меньше.

В грунте, насыщенном водой, диаметр и первоначальная глубина воронки, с образованием которой связаны повреждения сооружений, будут заметно больше. Однако конечная глубина воронки будет меньше вследствие гидравлического заполнения, т. е. сползания обратно в воронку увлажненного грунта и просачивания воды, несущей частицы грунта.

6.09. Для расчета размеров воронки предположим, что наземным взрывом считается взрыв, глубина (высота) которого после деления на $W^{0,3}$ (где W — мощность в килотоннах) составляет менее 150 см. Диаметр (или радиус) воронки увеличивается примерно пропорционально кубическому корню из мощности. Следовательно, в случае ядерного взрыва мощностью в W килотонн диаметр воронки будет в $W^{1/3}$ раза превышать указанный выше диаметр воронки, образующейся при взрыве мощностью в 1 килотонну.

Например, в случае наземного ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн, произведенного на местности с сухим грунтом, можно ожидать, что диаметр воронки составит $39 \times 100^{1/3} = 181$ м, а глубина — $9 \times 100^{1/3} = 42$ м. График, показывающий изменение диаметра и глубины воронки в зависимости от мощности для наземного взрыва на местности с сухим грунтом, вместе с поправочными коэффициентами, учитывающими другие виды грунтов, дан в конце настоящей главы (рис. 6.48).

6.10. Если грунт насыщен водой, то размеры воронки с течением времени будут изменяться. Сползание краев воронки будет наблюдаться до тех пор, пока грунт не примет стабильного состояния. Можно предполагать, что сползание краев большой воронки будет иметь место, пока крутизна не уменьшится до 10—15°. В результате глубина воронки уменьшится, а ее ширина увеличится. Такое явление наблюдается при песчаном или глинистом грунте. По времени сползание краев воронки занимает несколько часов в песчаном грунте и продолжается несколько лет в глинистом грунте. Обследование воронок в скалистом грунте на атолле Эниветок показало, что заполняющие воронку воды обычно наносят в нее материал, образующий своеобразный вал от края до дна воронки. Измерения, произведенные после взрыва, свидетельствуют о том, что глубина заполненной водой воронки пропорциональна корню четвертой степени из мощности взрыва.

6.11. Приведенные выше данные относятся к взрыву на поверхности земли. С увеличением высоты взрыва размеры воронки уменьшаются по довольно сложной зависимости. В целом эта зависимость характеризуется тем, что как радиус, так и особенно глубина воронки быстро уменьшаются с увеличением высоты взрыва. Даже если высота взрыва существенно меньше того значения, при котором огненный шар касается земли, воронка имеет незначительные размеры. Воронка значительных размеров образуется в том случае, если высота взрыва не превышает одной десятой части максимального радиуса огненного шара.

Волна сжатия в грунте

6.12. При наземном ядерном взрыве незначительная доля энергии взрыва расходуется на образование волны сжатия в грунте. Поведение волны сжатия носит сложный характер. Как правило, волна сжатия в грунте отличается от ударной волны в воздухе гораздо менее резким увеличением давления во фронте волны, а также более медленным его ослаблением за фронтом. Вблизи места взрыва градиент давления или сжатия достаточен для преодоления сил сцепления грунта. Величина давления во фронте волны сжатия уменьшается довольно быстро с удалением от места взрыва, и на больших расстояниях волна сжатия становится подобной сейсмической волне.

6.13. Действие волны сжатия подобно действию землетрясения средней интенсивности, хотя, как указано в п. 2.87, имеются существенные различия между подземным ядерным взрывом и землетрясением (см. приложение Б).

6.14. После ядерного взрыва от его центра распространяется несколько поверхностных волн, подобных волнам, распространяющимся на море. Эти грунтовые поверхностные волны, распространяясь от центра взрыва, производят сейсмический эффект, ощущаемый в любой данной точке как колебание поверхности. В дополнение к этому импульс давления от расширяющегося газового пузыря, распространяющийся с почти полусферическим, постепенно увеличивающимся в размерах фронтом ударной волны, образует волны сжатия и сдвига ниже поверхности земли.

6.15. Действие волны сжатия на подземные сооружения отличается по своему характеру от действия воздушной ударной волны на сооружения, находящиеся на поверхности земли. В последнем случае, как было указано в главе 4, сооружение испытывает нечто подобное внезапному удару, за которым следует скоростной напор массы воздуха, движущейся за фронтом ударной волны. Иная картина получается при воздействии волны сжатия. Благодаря тому что среда, через которую проходит волна сжатия, имеет примерно такую же плотность, что и само подземное сооружение, реакции грунта и сооружений тесно связаны между собой. Другими словами, движение (ускорение, скорость и перемещение) подземного сооружения под действием волны сжатия в значительной мере обусловливается движением самого грунта. Этот факт оказывает важное влияние на масштаб разрушений, вызываемых наземным и подземным взрывами.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНОГО ВЗРЫВА

Воздушная ударная волна

6.16. Подземным взрывом называется взрыв, центр которого находится ниже поверхности земли (п. 1.35). Однако при решении практических вопросов нужно иметь в виду, что осуществление

подземных ядерных взрывов на глубине более 15—30 м маловероятно. Это означает, что целесообразно рассмотреть только такие подземные ядерные взрывы, при которых огненный шар прорывается через поверхность земли. Взрыв такого рода будет иметь, очевидно, много общего с наземным взрывом.

6.17. Доля энергии подземного взрыва, расходуемая на образование воздушной ударной волны, будет зависеть от ряда обстоятельств, и прежде всего от глубины взрыва. Если взрыв производится под землей на глубине нескольких десятков сантиметров, распределение энергии будет почти таким же, как при наземном контактном взрыве. По мере увеличения глубины взрыва энергия, идущая на образование воздушной ударной волны, будет снижаться, а уменьшение максимального избыточного давления с увеличением расстояния от центра взрыва будет происходить более быстро. Следовательно, избыточное давление ударной волны на заданном расстоянии от точки взрыва будет меньше для взрывов, происходящих на большей глубине.

Образование воронки и волна сжатия

6.18. Размеры воронки, образующейся при неглубоком подземном взрыве, будут, по существу, такими же, как и в случае контактного взрыва, рассмотренного выше. Если взрыв произведен на приведенной глубине более 150 см (п. 6.09), то он считается подземным (для расчета глубины и радиуса воронки). При этом размеры воронки будут, по-видимому, пропорциональны $W^{0,3}$, а не $W^{1/3}$, как при наземном или неглубоком подземном взрыве.

6.19. С увеличением глубины взрыва все меньшая доля его энергии будет расходоваться на образование ударной волны в воздухе и, наоборот, все большая доля энергии будет идти на образование волны сжатия и воронки. Следовательно, с возрастанием глубины взрыва до определенного ее значения диаметр и радиус воронки увеличиваются. При взрыве на глубине, превышающей это значение, размеры воронки уменьшаются с увеличением глубины взрыва. Характер образования воронки в этом случае также изменяется. При взрыве на определенной глубине грунт наверх не выбрасывается и происходит лишь обвал перенапряженного грунта в сферическую полость, образуемую взрывом. Дополнительные сведения по этому вопросу будут даны в специальном разделе этой главы (рис. 6.49).

КРИТЕРИИ РАЗРУШЕНИЯ

Наземные взрывы

6.20. При наземном взрыве на небольшой высоте над поверхностью земли воронка не будет очень глубокой, хотя может быть большой по площади. Незначительно заглубленные сооружения

вблизи эпицентра взрыва будут повреждены; для сооружений на больших глубинах основным поражающим фактором будет волна сжатия, но главная опасность возникает для людей и оборудования, находящихся в этих сооружениях. Что же касается сооружений на поверхности земли, то радиус зоны разрушения для них будет зависеть от параметров воздушной ударной волны так же, как и при воздушном взрыве (гл. 4). Площадь зоны разрушений, вызванных воздушной ударной волной, будет значительно больше площади зоны разрушений, вызванных движением грунта (или, другими словами, волной сжатия). В случае контактного взрыва или взрыва вблизи поверхности земли положение будет подобно тому, как и при подземном взрыве.

Подземные взрывы

6.21. Критерии разрушений, вызванных подземным и контактным взрывами, определить трудно, особенно в отношении подземных сооружений. Простым и практически удобным подходом является деление района вокруг эпицентра взрыва на три области. Первая область охватывает непосредственно воронку. В пределах этой области происходит практически полное разрушение всех сооружений как на поверхности земли, так и под землей.

6.22. Вторая область простирается примерно до конца пластической зоны, т. е. на расстояние, на котором происходит остаточное перемещение грунта. В некоторых грунтах радиусы этой области могут составлять примерно 2,5 радиуса самой воронки. В пределах этой области прочные и удачно сконструированные подземные сооружения будут, вероятно, только в весьма слабой степени затронуты действием воздушной ударной волны; разрушения вызываются в основном действием волны сжатия и перемещением грунта. Действительный механизм разрушения в этом случае зависит от нескольких более или менее независимых факторов, таких, как размер, форма и прочность сооружения, его ориентация относительно центра взрыва, характеристики грунта. Некоторые из этих факторов будут рассмотрены в конце главы.

6.23. Наряду с подземными сооружениями можно упомянуть также о находящихся под землей различных трубопроводах, тоннелях и сооружениях метро. Повреждения длинных трубопроводов происходят главным образом в местах соединения труб, а также в местах вводов трубопроводов в здания. Эти повреждения происходят в результате различного смещения отдельных элементов трубопровода. Вероятность повреждений увеличивается, если трубы изготовлены из хрупких материалов и если трубопроводы наглухо прикреплены к зданию. Хотя тоннели и сооружения метро, находящиеся в зоне образования воронки, будут, вероятно, разрушены, а находящиеся в пластической зоне получат определенные повреждения, эти сооружения хорошо противостоят волне сжатия, особенно если они построены в твердых скальных породах и их поверхности укреплены обделкой.

6.24. В третьей области, за пределами пластической зоны, волна сжатия оказывает относительно слабое действие; в этом случае важнейшим критерием разрушения сооружений становится нагрузка от воздушной ударной волны. Прочные или находящиеся на большой глубине сооружения не получат существенных повреждений, а степень повреждений сооружений средней прочности, сооружений недостаточно заглубленных и различных подземных коммуникаций будет определяться в основном величиной максимального избыточного давления воздушной ударной волны как при наземном, так и при подземном взрыве. Сооружения на поверхности земли, частично заглубленные в грунт, будут, конечно, непосредственно подвергнуты воздействию воздушной ударной волны.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДВОДНОГО ВЗРЫВА

Ударная волна подводного взрыва

6.25. Результатом быстрого расширения газового пузыря, образующегося при ядерном взрыве под водой, является возникновение ударной волны, распространяющейся в воде во всех направлениях. В основном эта ударная волна подобна воздушной ударной волне, но отличается от последней некоторыми деталями. Так же как и в воздухе, во фронте ударной волны, распространяющейся в воде, быстро увеличивается избыточное давление. Однако в воде максимальное избыточное давление падает с увеличением расстояния не так быстро, как это имеет место в воздухе. Следовательно, на одних и тех же расстояниях максимальные давления в воде значительно больше, чем в воздухе. Например, максимальное избыточное давление на расстоянии 900 м от центра ядерного взрыва мощностью в 100 килотонн в глубоком водоеме составляет 190 кг/см². В то же время давление при воздушном взрыве (при прочих равных условиях) составляет менее 1 кг/см².

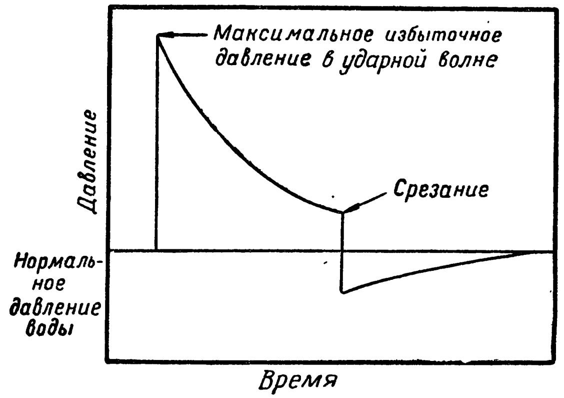


Рис. 6.29. Изменение давлений воды (в зависимости от времени) в фиксированной точке, находящейся вблизи поверхности водоема, при подводном ядерном взрыве

С другой стороны, продолжительность действия ударной волны в воде меньше, чем в воздухе. В воде эта продолжительность составляет несколько сотых долей секунды, тогда как в воздухе она равна примерно 1 сек.

6.26. Скорость звука в воде при нормальных условиях составляет примерно 1,6 км/сек, т. е. почти в пять раз превышает скорость звука в воздухе. Если максимальное давление велико, скорость ударной волны превышает нормальную скорость звука. При падении избыточного давления скорость движения фронта ударной волны снижается и в конечном итоге приближается к скорости звука, так же как и в случае взрыва в воздухе.

6.27. Если ударная волна при своем распространении под водой встречает какие-либо поверхности, например корпус корабля или морское дно, то происходит отражение волны, как и в воздухе. Прямая и отраженная волны могут также при определенных условиях слиться и образовать фронт ударной волны с повышенным давлением. Однако, когда ударная волна в воде достигает верхней (воздушной) поверхности, явление отражения протекает совершенно иным образом.

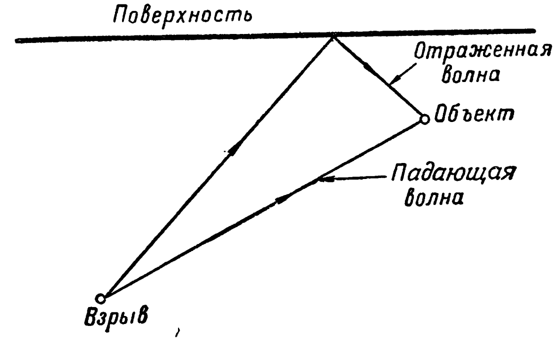


Рис. 6.30. Распространение падающей и отраженной волн по направлению к подводному объекту

6.28. На границе между водой и воздухом ударная волна, распространяющаяся в воде, встречает значительно менее плотную среду — воздух. В результате этого в воде будет распространяться отраженная волна, но это будет уже волна разрежения. В результате наложения отраженной волны разрежения и прямой волны происходит резкое уменьшение давления ударной волны в воде. Это явление называют поверхностным срезанием или просто срезанием.

6.29. Изменение избыточного давления в воде во времени при подводном ядерном взрыве в некоторой фиксированной точке, расположенной недалеко от поверхности воды, показано на рис. 6.29. Избыточное давление в данном месте по истечении короткого интервала времени после взрыва (необходимого для того, чтобы ударная волна, распространяющаяся от центра взрыва, достигла этого места) резко возрастает в момент прихода фронта ударной волны. Затем в течение некоторого периода времени давление постепенно уменьшается (как и в воздухе); вслед за этим отраженная волна разрежения вызывает резкое падение давления, которое может стать даже меньше нормального (гидростатического) давления воды. Эта фаза отрицательного давления кратковременна.

6.30. Интервал времени между моментом прибытия в данную точку (или объект) прямой ударной волны и моментом срезания, соответствующим приходу отраженной волны, зависит от глубины взрыва, глубины расположения объекта и расстояния от объекта до центра взрыва.

Как видно из рис. 6.30, эти три расстояния будут определять длину пути, проходимого прямой и отраженной ударными волнами до встречи с объектом. Если подводный объект находится близко к поверхности, как, например, дно корабля, то промежуток времени между приходом фронтов упомянутых выше ударных волн будет мал и срезание последует вскоре за достижением объекта фронтом прямой ударной волны. В результате этого повреждения, получаемые объектом, могут быть уменьшены.

Повреждения, вызываемые ударной волной в воде

6.31. Действие ударной волны на корабль или такие сооружения, как волнорез или дамба, представляет собой внезапный удар. Аналогичному воздействию сооружения подвергаются при подводных взрывах зарядов тринитротолуола и других химических взрывчатых веществ. Однако если в последнем случае удар локализован, то при ядерном взрыве действие удара охватывает большую площадь — например, весь корабль испытывает его почти мгновенно.

6.32. Следует ожидать, что действие подводного ядерного взрыва на корабль может быть двух родов: во-первых, непосредственное действие ударной волны на корпус корабля и, во-вторых, косвенное действие, обусловленное перемещением отдельных частей оборудования внутри корабля, вызванным ударной волной.

Действие ударной волны в воде на корпус корабля может привести к серьезной деформации корпуса ниже ватерлинии и разрыву листов наружной его обшивки и вызвать таким образом течь, а также подвергнуть сильному напряжению остов корабля. Ударная волна в воде вызывает также и быстрое перемещение корабля как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Это перемещение является причиной повреждения его частей и оборудования внутри корпуса.

6.33. Внутри корпуса корабля особенно чувствительными к удару являются основные питающие линии, магистральные паропроводы, валы и кирпичная кладка котлов. В результате действия сил инерции опорные элементы или фундаменты тяжелого оборудования, например двигателей и котлов, вероятно, будут разрушены или деформированы. Более легкие или недостаточно закрепленные элементы оборудования будут разбрасываться с большой силой, повреждаясь сами и разрушая переборки и другое оборудование. Электронное оборудование, оборудование для управления огнем и наведения управляемых ракет будет выведено ударной волной из строя, по крайней мере временно. Оборудование с прочным креплением, рассчитанным на действие удара, вероятно, не получит столь серьезных повреждений.

6.34. Повреждение обшивки корабля зависит главным образом от величины максимального давления подводной ударной волны. То же самое, вероятно, справедливо в отношении шлюзовых ворот на каналах и кессонов сухих доков. Можно ожидать, что при очень высоких давлениях во фронте ударной волны такие сооружения будут серьезно повреждены. С другой стороны, степень разрушения крупных и прочных подводных сооружений, таких, как портовые сооружения, в большей степени зависит от импульса ударной волны, который в свою очередь зависит от длительности действия ударной волны и ее давления.

Разрушающее действие подводного взрыва

(Опыт взрыва у атолла Бикини)

6.35. Во время проведения неглубокого подводного взрыва у атолла Бикини (взрыв «Бейкер») в июле 1946 года (гл. 2) в районе взрыва на якорь было поставлено 70 кораблей различных типов. Ниже в общих чертах излагаются некоторые общие выводы, полученные в результате изучения последствий взрыва. Следует заметить, однако, что характер и размер повреждений, которые надводные корабли получат от действия подводной ударной волны, будут зависеть от глубины взрыва ядерного заряда, типа корабля, ориентации корабля по отношению к центру взрыва, а также от того, двигается ли корабль или стоит на якоре.

6.36. Вследствие быстрого смещения, вызванного действием подводной ударной волны при неглубоком подводном взрыве, котлы и главные двигатели корабля на небольшом удалении от центра взрыва получат тяжелые повреждения. На более значительном расстоянии вспомогательные механизмы, связанные с главными двигателями, не пострадают в сильной степени, однако легкое внутреннее оборудование корабля будет повреждено. Двигатели кораблей, находящихся в движении, будут повреждены в большей степени, чем двигатели кораблей, стоящих на якоре.

6.37. Хотя основная часть энергии, освобождающейся при неглубоком подводном взрыве, проявляется в виде ударной волны в воде, значительное количество энергии передается через поверхность воды в воздух в виде воздушной ударной волны (п. 6.17). Воздушная ударная волна, несомненно, причинила некоторый ущерб палубным надстройкам кораблей во время испытания «Бейкер». Однако этот ущерб был незначительным по сравнению с ущербом, нанесенным подводной ударной волной. Если бы ядерный заряд был взорван недалеко от берега, то основное поражающее действие воздушной ударной волны, по-видимому, проявилось бы на объектах, расположенных на суше. В этом случае критерии повреждений будут те же самые, что и для воздушного взрыва,

произведенного над поверхностью земли при соответствующих избыточном давлении и скоростном напоре.

6.38. По мере увеличения глубины взрыва доля энергии взрыва, приходящаяся на образование ударной волны в воздухе, уменьшается. Поэтому дальность действия избыточного давления определенной величины уменьшается. При этом уменьшение избыточного давления в районах, расположенных ближе к центру взрыва, происходит быстрее, чем на большем удалении от центра взрыва.

Волны при подводном взрыве

6.39. Явление образования волн на воде при испытании «Бейкер» было отмечено в главе 2. Некоторые дополнительные данные, в особенности относительно разрушающего действия этих волн, будут приведены ниже. Первая волна, которая образовалась после подводного взрыва, состояла из гребня и образовавшейся вслед за ним впадины, глубина которой была равна высоте гребня. Вслед за первой волной образовались другие волны, число которых росло по мере удаления системы этих волн от центра взрыва.

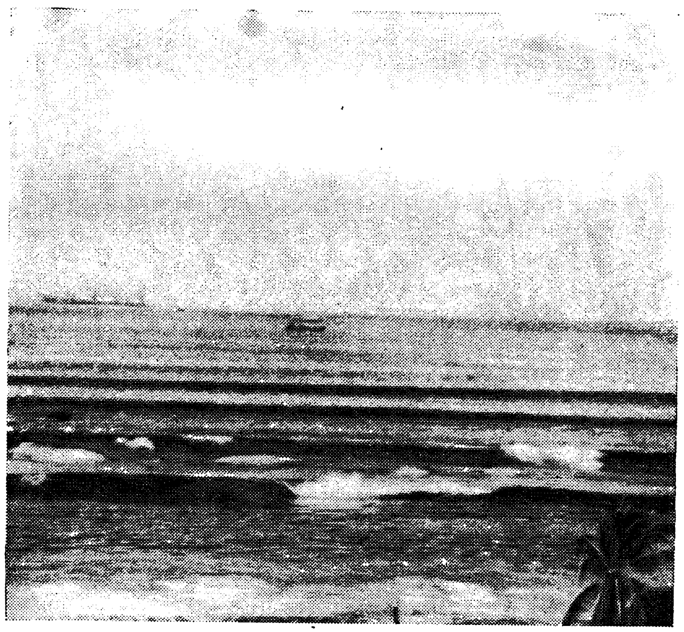


Рис. 6.39. Волны от подводного ядерного взрыва «Бейкер», достигшие побережья на расстоянии 17,6 км от эпицентра взрыва

Вид таких волн у отмели, расположенной на удалении 17,6 км от центра взрыва, показан на рис. 6.39.

6.40. Наблюдением было установлено, что первая волна отличалась от последующих. Это была одиночная длинная волна, возникшая непосредственно в момент взрыва и получившая свою первоначальную энергию от быстрого движения масс воды, вызванного расширением газового пузыря. Последующие волны образовались, вероятно, в результате прорыва газового пузыря и заполнения пустоты, образовавшейся в воде. Последующие испытания показали, что первая одиночная волна представляет собой явление, характерное для подводных взрывов в неглубоких водоемах. При взрывах в глубоких водоемах образуется несколько волн, в которых количество гребней увеличивается по мере удаления волн от центра взрыва.

6.41. Вблизи места взрыва «Бейкер» первый гребень имел несколько бо́льшую высоту, чем последующие, как относительно уровня спокойной воды, так и относительно сопровождающей этот гребень впадины. На определенном удалении от центра взрыва самой высокой волной оказывалась одна из последующих волн; в дальнейшем с увеличением расстояния от места взрыва более поздние волны становились наибольшими по высоте. Подобное же явление наблюдалось при взрывах в более глубоких районах моря.

6.42. Значения максимальных высот волн на различных расстояниях от эпицентра взрыва и отрезки времени, за которые эти волны проходят указанные расстояния при неглубоком подводном ядерном взрыве заряда мощностью 20 килотонн, приведены в таблице 6.42. Эти результаты основываются на наблюдениях, проведенных во время испытания «Бейкер» у атолла Бикини. Теоретические вопросы, связанные с образованием волн при неглубоких подводных взрывах любой мощности, будут рассматриваться ниже в этой главе.

Таблица 6.42

Значения максимальных высот волн (от гребня до дна впадин) и отрезки времени, за которые эти волны прошли определенные расстояния (испытание „Бейкер" у атолла Бикини)

Расстояние, м	300	600	1200	1820	2440	3000	3640
Высота волны, м	28,2	14,1	7,2	4,8	3,9	3,3	2,7
Время, сек	11	23	48	74	101	127	154

6.43. Следует считать вероятным, что некоторые повреждения кораблей во время испытания «Бейкер» явились результатом воздействия поверхностных волн. Довольно определенные доказательства этого были получены при анализе повреждений от волн авианосца «Саратога», стоявшего на якоре на расстоянии 360 м от эпицентра взрыва (от его кормы). После прохождения базисной волны было обнаружено, что сооружения командного мостика и радиолокационная мачта пригнуты к палубе (рис. 6.43).

Вполне вероятно, что, поднявшись на гребень первой волны, «Саратога» затем упала во впадину между гребнями и была накрыта следующей волной, что вызвало повреждение палубных сооружений.

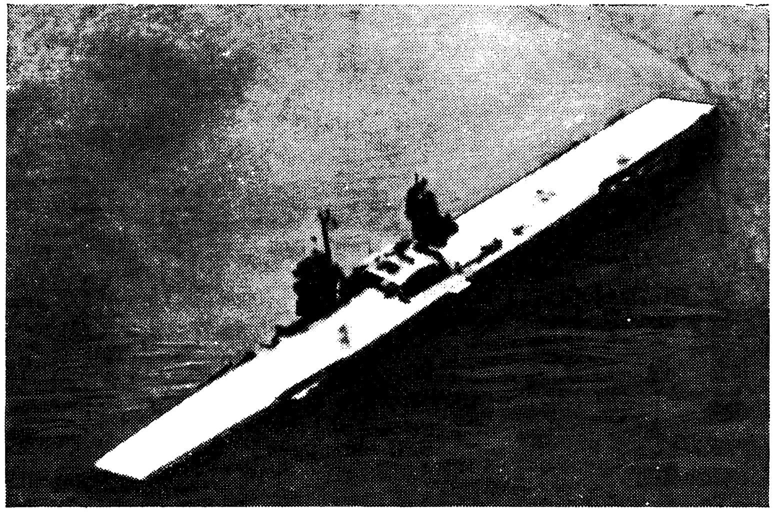


Рис. 6.43. Авианосец «Саратога» после ядерного взрыва «Бейкер»

6.44. В результате ударов волн, образовавшихся при подводном взрыве, возможны повреждения портовых сооружений. Высота волн при движении их в сторону берега увеличивается с уменьшением глубины дна. Затопление суши, наблюдаемое при приливах, может произойти и при подводном взрыве. Масштабы затопления зависят от крутизны берегов и высоты волн.

Изменение дна лагуны

6.45. Взрыв бомбы при испытании «Бейкер» у Бикини вызвал заметное увеличение глубины лагуны в зоне диаметром около 600 м. Наибольшее выявленное изменение глубины составляло 9,6 м, но оно явилось, скорее, результатом разрушения подводной возвышенности, а не углубления ранее ровного дна. Пробы грунта, взятые перед испытанием со дна лагуны, представляли собой крупнозернистый материал, образовавшийся из остатков морских водорослей с примесью песка и ила (менее 10%). Пробы же, взятые после взрыва, сильно отличались от предыдущих. Вместо материала, образованного из остатков морских водорослей, на дне лагуны в районе взрыва был обнаружен слой ила толщиной до 3 м. Дополнительные сведения об образовании воронки при подводном взрыве даны в конце этой главы.

ОБРАЗОВАНИЕ ВОРОНКИ ПРИ НАЗЕМНОМ И ПОДЗЕМНОМ ВЗРЫВАХ

Размеры воронки при наземном взрыве

6.46. Кроме определенных ранее терминов «зона разрыва» и «пластическая зона» можно назвать еще два — «видимая воронка» и «истинная воронка». Видимая воронка с диаметром $D_в$ и глубиной $H_в$, как это показано на рис. 6.46, представляет собой углубление, образующееся в земной поверхности после взрыва. С другой стороны, истинная воронка с диаметром $D_г$ — это такая воронка, размеры которой больше размеров видимой воронки

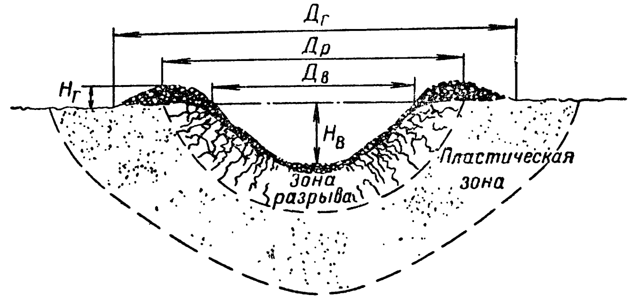


Рис. 6.46. Характерные размеры воронки при наземном ядерном взрыве

на толщину слоя грунта, упавшего обратно в воронку. Приближенная величина объема видимой воронки, если принять, что она имеет форму параболоида, определяется формулой

$$\text{объем воронки} = \frac{\pi D_в^2 H_в}{8}.$$

6.47. Диаметр зоны разрыва, обозначенный на рис. 6.46 через $D_р$, составляет примерно 1,5 диаметра видимой воронки, т. е.

$$D_р \approx 1{,}5 D_в.$$

Полный диаметр зоны, включающей гребень, обозначенный $D_г$, составляет около двух диаметров воронки, т. е.

$$D_г \approx 2 D_в.$$

Высота насыпи, обозначенная на рис. 6.46 через $H_г$, примерно равна одной четвертой части глубины воронки, т. е.

$$H_г \approx 0{,}25 \cdot H_в.$$

6.48. Глубина и диаметр видимой воронки, образовавшейся в сухом грунте при наземном ядерном взрыве мощностью W кило-

тонн (где W может иметь любую величину в пределах от 1 килотонны до 10 мегатонн), могут быть получены из графика, изображенного на рис. 6.48. (Причина включения в график кривых до глубины $45 \cdot W^{0,3}$ м объяснена в п. 6.50.)

Этот график построен на основе закона подобия (п. 6.09), согласно которому диаметр и глубина воронки изменяются пропорционально кубическому корню из мощности взрыва.

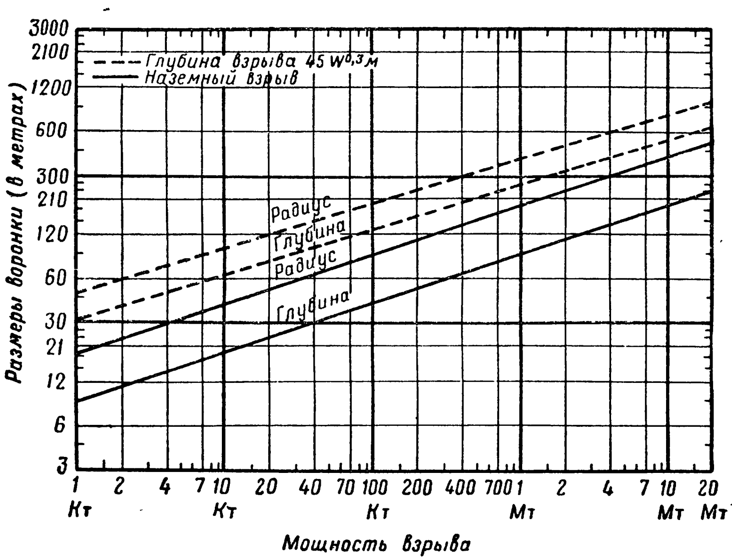


Рис. 6.48. Размеры видимой воронки, образующейся при наземном взрыве и при взрыве на глубине $45 \cdot W^{0,3}$ м в сухом грунте

Кривые на рис. 6.48 показывают зависимость радиуса и глубины видимой воронки при взрыве в сухом грунте от мощности наземного взрыва, т. е. взрыва, произведенного на глубине $1{,}5 W^{1/3}$ м или на высоте $1{,}5\ W^{1/3}$ м от поверхности земли, и взрыва, произведенного на глубине $45 \cdot W^{0,3}$ м. При определении размеров воронки в скалистом грунте (гранит или песчаник) в расчет необходимо ввести коэффициент 0,8.

Пример.

Дано. Произведен наземный ядерный взрыв мощностью 20 килотонн над песчаником.

Определить. Размеры воронки.

Решение. Из графика 6.48 находим, что радиус и глубина воронки в сухом грунте при взрыве указанной мощности составляют соответственно 51 и 24 м. Используя приведенный выше коэффициент (0,8), определяем приблизительные размеры воронки,

образующейся при наземном ядерном взрыве мощностью 20 килотонн в песчаном грунте.

Диаметр воронки $D_в = 102 \cdot 0{,}8 \approx 82$ м.

Глубина воронки $H_в = 24 \cdot 0{,}8 = 19{,}2$ м.

Диаметр зоны разрушения $D_р = 1{,}5 \cdot D_в = 1{,}5 \cdot 82 = 123$ м.

Высота насыпи $= 0{,}25 \cdot H_в = 0{,}25 \cdot 19{,}2 = 4{,}8$ м.

Размеры воронки при подземном взрыве

6.49. Зависимость радиуса и глубины воронки от глубины взрыва при подземном ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну в сухом грунте показана на графике (рис. 6.49). При этом данные для приведенных глубин взрыва более 45 м не могут считаться точными. Очевидно, что с увеличением глубины взрыва размеры воронки сначала увеличиваются, а затем уменьшаются. Пунктирными линиями показаны возможные отклонения от правил даже при условиях, на первый взгляд подобных принятым в расчет.

Сплошные кривые графика (рис. 6.49) показывают зависимость величины радиуса видимой воронки и средней глубины ее от глубины ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну в сухом грунте.

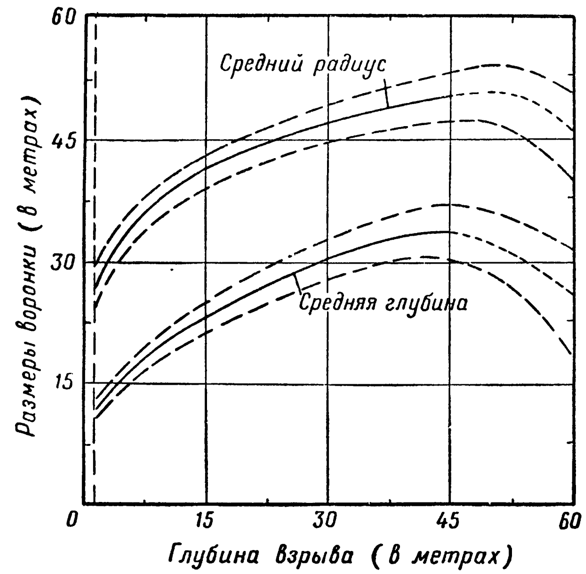


Рис. 6.49. Зависимость радиуса и глубины воронки от глубины подземного ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну в сухом грунте (данные будут неточными, если приведенная глубина взрыва превышает 45 м)

Пунктирными кривыми показаны возможные отклонения от расчетов при нормальных условиях. Для скалистого грунта в расчет должен быть введен коэффициент 0,8. Кривые на рис. 6.49 не точны для приведенных глубин взрыва более 45 м, т. е. для действительных глубин более 45 · $W^{0,3}$ м.

Метод расчета. Для определения радиуса и глубины воронки, образующейся при ядерном взрыве мощностью W килотонн, фактическую глубину взрыва делят сначала на $W^{0,3}$; при этом получают приведенную глубину. Затем радиус и глубина воронки, образующейся при взрыве мощностью в 1 килотонну на данной глубине, определяются по рис. 6.49. Полученные данные умножаются на $W^{0,3}$. Величину $W^{0,3}$ можно получить на основании кривых, приведенных на рис. 3.65.

Пример.

Дано. Произведен ядерный взрыв мощностью 20 килотонн в граните на глубине 15 м.

Определить. Радиус и глубину воронки.

Решение. Приведенная глубина взрыва составляет $\frac{15}{20^{0,3}} = \frac{15}{2,72} = 5,5$ м. Из рис. 6.49 находим, что радиус воронки при взрыве мощностью в 1 килотонну на этой глубине составляет 35,1 м. Соответствующая глубина воронки 16,5 м. Следовательно, радиус и глубина воронки при ядерном взрыве мощностью 20 килотонн, произведенном на глубине 15 м в граните, равны

$$R_в = 35,1 \cdot 20^{0,3} \cdot 0,8 = 35,1 \cdot 2,72 \cdot 0,8 = 76 \text{ м.}$$

$$H_в = 16,5 \cdot 2,72 \cdot 0,8 = 36 \text{ м.}$$

На размеры воронки влияют различные характеристики грунта, в частности его влажность. Размеры воронок во влажных грунтах рассмотрены в п. 6.10. Для определения размеров воронок в скалистом грунте используются соответствующие поправочные коэффициенты, отнесенные к размерам воронок для сухого грунта.

6.50 Наиболее точно подобранные эмпирические данные о размерах воронки, образующейся при взрыве ядерного боеприпаса в сухом грунте, показывают, что радиус и глубина воронки изменяются пропорционально значению $W^{0,3}$. Для определения радиуса воронки, образующейся при взрыве на определенной глубине ядерного боеприпаса мощностью W килотонн, вначале необходимо определить приведенную глубину взрыва, разделив фактическую глубину взрыва на $W^{0,3}$. Затем с помощью графика, изображенного на рис. 6.49, определяют соответствующий этой глубине радиус воронки, образующейся при взрыве ядерного боеприпаса

мощностью в 1 килотонну. Умножая после этого полученную величину на $W^{0,3}$, находят искомое значение радиуса воронки. Таким же способом определяется и глубина воронки. Как указывалось выше, получаемые с помощью этого метода значения будут не совсем точными, если приведенная глубина взрыва окажется больше 45 м, т. е. если фактическая глубина взрыва будет превышать 45 · $W^{0,3}$ м. Случайно эта глубина оказалась приблизительно равной максимальным размерам воронки, образуемой при подземном взрыве. По этой причине графики, изображенные на рис. 6.48, были дополнены кривыми, характеризующими глубину взрыва 45 · $W^{0,3}$ м. Таким образом, на указанных графиках даются различные возможные размеры воронки, образуемой при наземном взрыве, а также приблизительные максимальные размеры воронки, образуемой при подземном взрыве мощностью от 1 килотонны до 10 мегатонн. В примере, приведенном в пояснительном тексте к рис. 6.49, дается значение поправочного коэффициента применительно к твердым скальным породам.

6.51. В поисках объяснения физической основы используемого при расчетах коэффициента приведения, численно равного 0,3, было установлено, что данные, получаемые на основе гравитационного закона подобия (который может быть сформулирован так: масса выброшенного взрывом материала пропорциональна мощности этого взрыва), учитывающего массу верхнего слоя грунта, более точно совпадают с фактическими размерами воронки, чем данные, получаемые на основе закона кубического корня; с другой стороны, они менее соответствуют данным, получаемым при использовании коэффициента приведения, т. е. значения $W^{0,3}$. Если данные, получаемые на основе гравитационного закона подобия, оказываются точными, то фактические размеры воронки будут меньше по сравнению с расчетными данными, определенными по вышеописанному способу.

Подземные взрывы на большой глубине

6.52. Целая серия ядерных экспериментальных взрывов была осуществлена на различной глубине под землей. Некоторые характеристики этих взрывов, включая величину остаточной радиоактивности, возникающей на поверхности земли, приводятся в таблице 6.52. На основании этих данных можно в качестве грубого обобщения прийти к выводу, что полное отсутствие радиоактивности на поверхности земли будет наблюдаться в том случае, если приведенная глубина взрыва, осуществленного в слое туфа, превышает 150 м. Другими словами, условием полного отсутствия на поверхности земли радиоактивных продуктов взрыва, осуществленного в слое туфа, является наличие над этим слоем пласта скальной породы и грунта толщиной более 150 · $W^{0,3}$ м; здесь W — мощность взрыва в килотоннах.

Таблица 6.52

Характеристика подземных взрывов

Наименование взрыва	Состав породы	Глубина взрыва (м)	Приведенная глубина взрыва (м)	% радиоактивности на поверхности земли
„Джангл“ U	Аллювиальный песок	5,1	4,8	80
„Типот“ S	„	20,1	18,9	90
„Нептун“	Туф	29,5	56,7	2
„Блэнка“	„	250,0	102,6	0,5
„Лоуган“	„	249,0	153,6	0
„Рейньер“	„	237,0	624,0	0

6.53. Некоторые данные, полученные при экспериментальном ядерном взрыве «Рейньер», были приведены в главе 2; часть данных приводится в этом разделе.

Радиус первоначальной полости, образованной взрывом, был равен $14{,}1 \cdot W^{0,3}$ м, а вес первоначально расплавленной скальной породы, которая при последующем охлаждении превратилась в стекловидную массу, составлял 500 ± 150 т на каждую килотонну мощности взрыва. Обрушивание полости привело к образованию зоны раздробленного проникаемого для радиоактивных частиц материала объемом 52,3 тыс. куб. м (или 120 тыс. т) на каждую килотонну мощности взрыва. Бо́льшая часть (65—80%) радиоактивных продуктов деления и веществ, получивших наведенную радиоактивность, осталась в растворенном состоянии в стекловидной массе, образовавшейся из расплавленной породы (с концентрацией 0,1 радиоактивных частиц на миллион частиц массы). Остальная часть радиоактивных продуктов взрыва распределилась в виде отложений на поверхности раздробленного материала во всем объеме зоны обрушивания свода полости.

6.54. Около 30% общей энергии взрыва «Рейньер» было израсходовано на испарение продуктов скальных пород, нагретых до температуры более 1200° С. Однако ввиду относительно большого содержания влаги в скальной породе (15—20%) ее температура быстро понизилась до точки кипения воды, характерной для высоты района Невада над уровнем моря (вода закипает здесь при 93° С). Через год после взрыва почти вся выделившаяся при взрыве энергия сохранилась в объеме, имевшем радиус около 24 м, т. е. несколько больший, чем первоначальный радиус полости.

6.55. Сейсмографические наблюдения показали, что максимальное ускорение частиц грунта на расстоянии R километров от центра подземного взрыва мощностью W килотонн примерно равно $\frac{0{,}15 \cdot g \cdot W^{0,75}}{R^2}$, где g — нормальное гравитационное ускорение. В

районе наблюдательных постов, располагавшихся на расстоянии 4 км от эпицентра взрыва «Рейньер», максимальное ускорение составляло около 0,02 g, хотя лишь очень немногие лица ощущали здесь колебание грунта.

НАГРУЗКА НА ЗАГЛУБЛЕННЫЕ В ГРУНТ СООРУЖЕНИЯ

Давление свободного пространства и защитное действие свода грунтового покрытия

6.56. Если заглубленное в грунт сооружение имеет такую же способность к деформации, как и окружающий его смещенный грунт, то нагрузка на такое сооружение, возникающая под действием волны сжатия, будет такая же, как и давление в грунте. Однако сооружения в очень редких случаях удовлетворяют этим очевидным условиям; поэтому нагрузка, на которую должно быть спроектировано сооружение, может быть определена только с учетом взаимодействия грунта с сооружением. Хотя такой расчет и затруднителен, все же может быть сделан некоторый общий анализ, который, возможно, оправдает усилия, обычно предпринимаемые в этом направлении.

6.57. Результаты испытаний ядерного оружия показывают, что на поверхности заглубленных сооружений не возникает значительного повышения давления в результате его отражения. Поэтому можно допустить, что величина давления в волне сжатия, независимо от направления ее распространения, может рассматриваться как верхний предел давления, действующего на сооружение. Если заглубленное сооружение обладает большей способностью к деформации, чем окружающий его грунт, то давление на такое сооружение будет значительно меньшим, чем давление в волне сжатия на данной глубине. В этом случае в момент первоначального возникновения давления свободного пространства сооружение отклонится от поверхности грунта и при этом создадутся такие условия, при которых от покрытия будет распространяться волна разгрузки, снижающая давление в волне сжатия.

6.58. Обычно считается, что явление защитного действия грунтового свода, наблюдающееся при статических условиях, существует также и при динамических условиях, характерных для ядерного взрыва. К сожалению, это явление еще хорошо не изучено и пока ни экспериментально, ни теоретически не разработано никакого надежного способа количественного определения защитного действия грунтового свода. Поэтому для приближенного решения этой проблемы приходится пренебречь защитным действием грунтового свода, а давление в волне сжатия принять как заданное давление. Степень допускаемого при этом приближения будет зависеть от типа грунта, в котором построено сооружение (например, зернистого, вязкого, насыщенного влагой и др.), а также от отношения толщины слоя покрытия к величине пролета сооруже-

ния и, возможно, от характера фундамента. Если фундамент позволяет некоторое перемещение сооружения от поверхности грунта, то возможность защитного действия грунтового свода значительно возрастает.

Нагрузка на прямоугольные сооружения

6.59. Анализ нагрузок, создаваемых действием волны сжатия на подземные сооружения прямоугольной формы, более прост по сравнению с анализом этих нагрузок на сооружения сводчатого или куполообразного типов. Пренебрегая разбросом данных при определении начальной нагрузки и защитным действием грунта, давление на покрытие и фундамент сооружения прямоугольной формы в поперечном сечении может быть принято равным вертикальному давлению в волне сжатия на уровне покрытия, а давление на боковые стены — равным величине горизонтальной составляющей давления волны сжатия (п. 4.43). При больших размерах сооружения или небольшой мощности взрыва можно учесть снижение давления на боковые стенки от покрытия до фундамента, принимая его таким же, как и в волне сжатия в грунте.

Нагрузка на заглубленные сводчатые и куполообразные сооружения

6.60. Фактическая нагрузка на сводчатые и куполообразные сооружения оказывается гораздо сложнее ввиду непрерывного изменения положения каждой точки их поверхности по отношению к горизонтальной плоскости, а также ввиду неоднородности начальных нагрузок, наблюдаемой на незначительной глубине, которую нельзя сбрасывать со счета. Так как волна сжатия распространяется выше заглубленного сводчатого или куполообразного сооружения, то сторона, обращенная в наветренную сторону, испытывает нагрузку волны сжатия раньше, чем подветренная сторона; ввиду этого возникает несимметричная реакция сооружения на действие этой нагрузки. Кроме того, после того как сооружение оказывается полностью охваченным волной сжатия, нагрузки, действующие в радиальном направлении, оказываются почти симметричными, хотя и неоднородными. Поэтому величина давления на вершине сооружения, соответствующая вертикальной составляющей давления свободного пространства и наблюдаемая на самом близком расстоянии от поверхности грунта, имеет максимальное значение. Вне вершины сооружения, на линии пят свода, радиальное давление понижается до минимума; если центральный угол свода или купола равен 180°, то величина давления в указанных местах будет соответствовать горизонтальной составляющей давления свободного пространства, наблюдаемого на глубине фундамента. Эта симметричная неоднородность нагрузок стремится вызвать симметричную упругую реакцию сооружения. Кроме этих

двух видов упругой реакции сооружение будет реагировать также на непосредственную нагрузку сжатия.

6.61. Если упругие реакции сооружения достаточно большие, то возможно возникновение деформаций, соответствующих этим реакциям. Для возникновения таких деформаций должно быть преодолено пассивное сопротивление окружающего грунта, а сам грунт смещен деформирующимся сооружением. Таким образом, пассивное сопротивление грунта стремится ограничить эти деформации и не допустить увеличения упругих реакций сооружения. Хотя упругие реакции незначительно заглубленных сооружений могут быть большими, они очень быстро уменьшаются с увеличением глубины, так как в это же время происходит весьма быстрое увеличение пассивного сопротивления грунта.

6.62. Выше было сделано допущение о том, что фундамент сооружения не перемещается относительно окружающего грунта. Если фундамент податливый, то радиальное давление на свод или купол сооружения, возможно, будет за счет этого несколько снижено.

РАЗРУШЕНИЯ (ПОВРЕЖДЕНИЯ), ВОЗНИКАЮЩИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЛНЫ СЖАТИЯ В ГРУНТЕ

Подземные сооружения

6.63. Сами по себе разрушения (повреждения) подземных сооружений, в отличие от действия волны сжатия на их составные элементы, можно определить как неупругие деформации. Сильные повреждения полностью заглубленных сводчатых и куполообразных сооружений соответствуют полному их разрушению либо за счет упругого, либо за счет более распространенного неупругого изгиба. Если сооружение расположено на очень малом расстоянии от поверхности грунта, происходят преимущественно деформации изгиба. Легкие повреждения почти не имеют никакого значения, если они не вызывают частичной потери работоспособности находящихся в сооружении людей и эксплуатационной пригодности оборудования. Средние повреждения бетонных сооружений могут быть определены как деформации, сопровождающиеся образованием значительных трещин. Такие деформации будут соответствовать напряжениям, несколько превышающим предел текучести, т. е. коэффициент пластичности, численно равный примерно 1,3. Из этого вытекает, что разрушение сооружения происходит больше в результате неупругой деформации, чем вследствие упругого изгиба, как это наблюдалось бы в случае хорошо спроектированного сооружения, устойчивого к действию ударной волны. Если разрушение сооружения происходит в результате упругого изгиба, то оно не может быть квалифицировано как повреждение средней степени.

6.64. Для стальных сводчатых и куполообразных сооружений

повреждения средней степени могут быть также определены при помощи уменьшения коэффициента пластичности, хотя для стальных сооружений характер таких повреждений не так ярко выражен, как в раздробленном бетоне. Подземные прямоугольные сооружения, устойчивые к действию ударной волны, также могут иметь несколько степеней повреждений свода и крыши, однако механизм деформации в этом случае будет другим. В сооружении прямоугольного типа основная реакция сооружения может проявляться в изгибе стен, покрытия, плит основания или в напряжении и прогибе стен и колонн. Однако сильные повреждения при этом будут характеризоваться чрезмерной деформацией или разрушением всех перечисленных элементов. Повреждения средней степени соответствуют деформациям любого элемента, в результате которых будут наблюдаться раздробление бетона и небольшие необратимые прогибы. Легкие повреждения фактически никакого значения не имеют, если они не приводят к поражению людей и повреждению оборудования.

6.65. Ядерный взрыв очень малой мощности не будет вызывать значительное повреждение заглубленного сооружения, если оно, конечно, не находится в непосредственной зоне воронки.

Основным источником повреждений заглубленных сооружений, за исключением некоторых сооружений специального типа, например трубопроводов и небольших прочных железобетонных фортификационных сооружений, является давление грунта, создаваемого волной сжатия, индуицированной в грунте воздушной ударной волной.

6.66. Необходимо подчеркнуть, что термин «повреждение», используемый в данном случае, означает нарушение целостности данного сооружения. Конечно, вполне возможен такой случай, когда сооружение, получив в результате взрыва лишь незначительные повреждения либо вовсе их не получив и оставшись целым, все же окажется непригодным для дальнейшего использования; такой случай может иметь место, если не предусмотрены возможные последствия действия волны сжатия на чувствительное к взрыву оборудование и людей, т. е. если не учтено действие на них ускорений, скорости и перемещений. Для того чтобы уменьшить возможность перемещения чувствительного к взрыву оборудования, необходимо при его монтировании использовать материалы, изолирующие это оборудование от действия инерционных сил.

6.67. Предполагается что подземные сооружения, имеющие пролет длиной приблизительно равной половине длины волны сжатия, будут перемещаться от действия этой волны. Это предположение было подтверждено экспериментально. Перемещение сооружения самым тесным образом связано с движением частиц грунта при прохождении в нем волны сжатия. Другими словами, если ускорение частиц грунта имеет определенные максимальные горизонтальные и вертикальные составляющие, то небольшие подземные

сооружения, предположительно, будут иметь такие же параметры движения, как и грунт в волне сжатия.

6.68. Как указывалось выше (п. 6.21), критерием повреждения сооружений, вызываемых образованием при взрыве воронки и прохождением в грунте волны сжатия, могут явиться три зоны вокруг центра взрыва: 1) зона непосредственно самой воронки, 2) зона, простирающаяся на расстояние 2,5 видимых радиуса воронки, и 3) зона, в которой кратковременное перемещение грунта происходит без заметных остаточных деформаций; в этой зоне волна сжатия обычно не вызывает серьезных повреждений.

6.69. Параметры волны сжатия, вызывающие повреждения, не определены ни теоретическим, ни эмпирическим путем. Однако имеются достаточные данные, которые с приемлемой приближенностью указывают на зависимость степени повреждений от величины видимого радиуса воронки. Некоторые примеры этой зависимости для среднезаглубленных подземных сооружений, расположенных таким образом, что отношение толщины их грунтового покрытия на вершине к величине пролета сооружения составляет больше единицы, приводятся в таблице 6.69. Ниже будет показано, что вне зоны пластических деформаций, т. е. на расстоянии от эпицентра взрыва, превышающем 2,5 видимых радиуса воронки, повреждения в результате действия волны сжатия не будут наблюдаться (это следовало и предполагать).

6.70. Хотя при ядерном взрыве тоннели и линии метро, оказавшиеся в зоне образования воронки, окажутся разрушенными и получат серьезные повреждения вне этой зоны, тем не менее эти сооружения, особенно если они созданы в твердой скальной породе и имеют минимальные пролеты, обладают очень высокой устойчивостью к действию волны сжатия. В скальной породе, которая является упругой средой, очень хорошо передается давление волны сжатия, и когда эта волна достигает стенки тоннеля, то от

Таблица 6.69

Критерии повреждения среднезаглубленных подземных сооружений

Тип сооружения	Степень повреждения	Расстояние от эпицентра взрыва	Характер повреждения
Относительно небольшие, но массивные, хорошо спроектированные подземные сооружения	Сильное	1,25 видимого радиуса воронки	Полное разрушение
	Легкое	2,5 видимого радиуса воронки	Образование небольших трещин, разрыв хрупких внешних связей
Относительно длинные, гибкие сооружения (например, трубопроводы, резервуары и т. д.)	Сильное	1,5 видимого радиуса воронки	Деформация и разрывы
	Среднее	2 видимых радиуса воронки	Незначительная деформация и разрывы
	Легкое	2,5—3 видимых радиуса воронки	Разрывы в соединениях

внутренней поверхности тоннеля, граничащей с воздушным пространством, отражается волна разрежения (отрицательного давления). Даже тоннели, построенные в грунте, способны противостоять действию взрыва; гибкие сооружения не подвергаются разрушению благодаря наличию колоссального пассивного давления грунта. Однако такие подземные сооружения должны воздвигаться по возможности выше уровня грунтовых вод.

6.71. При определенных условиях разрушение скальной породы будет проявляться в виде ее растрескивания, когда отраженное растягивающее напряжение окажется бо́льшим, чем прочность скалы на разрыв. Толщина трещин зависит от величины, продолжительности и формы волны сжатия, от размеров и формы тоннеля, а также от физических свойств скальной породы.

6.72. Когда сооружение, имеющее достаточно прочные стены, воздвигнуто частично над поверхностью грунта и частично в грунте, то повреждение подземной части этого сооружения будет очень сильным, как это видно из таблицы 6.69. Однако, как правило, при наземном и подземном взрывах разрушения, вызываемые действием воздушной ударной волны, будут простираться значительно дальше зоны пластических деформаций, т. е. третьей зоны, о которой упоминалось выше. Следовательно, зона сплошного разрушения будет определяться действием воздушной ударной волны; характер разрушений находится в полном соответствии с тем, что говорилось в главе 4.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ПОДВОДНОГО ВЗРЫВА

Свойства подводной ударной волны

6.73. Некоторые параметры подводной ударной волны, образующейся при ядерных взрывах, были определены путем комбинированного использования данных теоретических исследований и данных, полученных опытным путем при взрывах зарядов тринитротолуола под водой. На графике, представленном на рис. 6.73, показаны кривые максимального избыточного давления, импульса и энергии подводной ударной волны на единицу площади на различных расстояниях от центра глубокого подводного взрыва ядерного заряда мощностью в 1 килотонну. С целью исключения влияния поверхностей принимается, что взрыв производится на большой глубине и в глубоком водоеме; в этом случае величины импульса, приведенные на рис. 6.73, не зависят от эффекта «срезания».

Если же центр взрыва и цель находятся вблизи поверхности воды, то величины импульса и энергии будут значительно меньшими.

Кривые графика на рис. 6.73 показывают зависимость максимального избыточного давления, энергии волны на единицу площади, импульса и постоянной времени (п. 6.75) от расстояния до

центра взрыва мощностью в 1 килотонну, произведенного в глубоком водоеме.

Метод расчета. Расстояние D, на котором наблюдается заданное давление при ядерном взрыве мощностью более или менее 1 килотонны, определяется из выражения

$$D = D_1 \cdot W^{1/3},$$

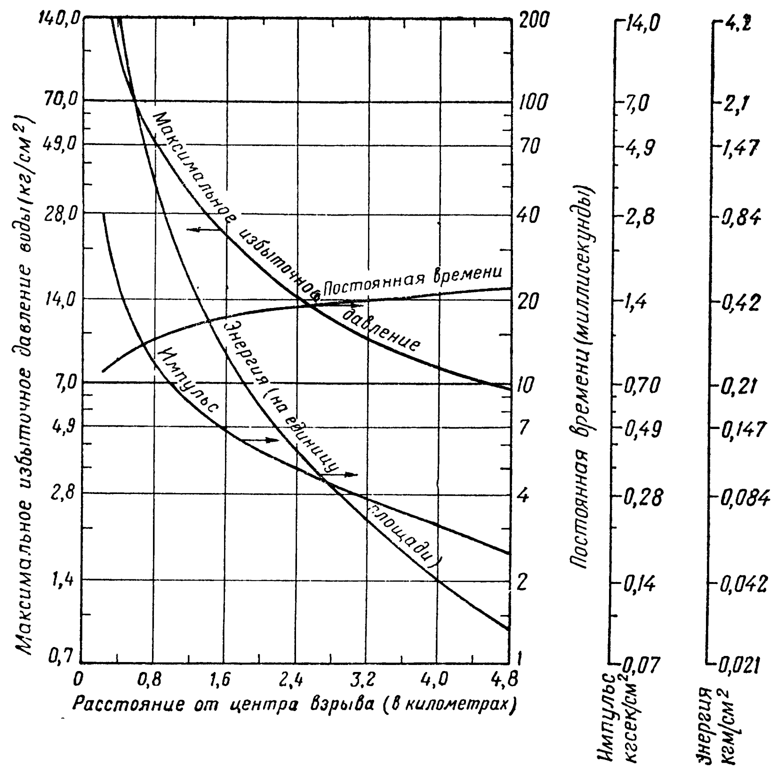


Рис. 6.73. Параметры подводной ударной волны при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну в глубоком водоеме

где D_1 — расстояние, на котором наблюдается данное давление при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну. Для импульса, энергии и постоянной времени соответствующие уравнения имеют вид

$$I = I_1 \cdot W^{1/3} \text{ при } D = D_1 \cdot W^{1/3},$$
$$E = E_1 \cdot W^{1/3} \text{ при } D = D_1 \cdot W^{1/3},$$
$$\theta = \theta_1 \cdot W^{1/3} \text{ при } D = D_1 \cdot W^{1/3},$$

где I_1, E_1 и θ_1 — соответственно импульс, энергия и постоянная времени на расстоянии D_1 для ядерного взрыва мощностью в 1 ки-

лотонну, а I, E, θ — импульс, энергия и постоянная времени для ядерного взрыва мощностью W килотонн на расстоянии D.

Пример.

Дано. В глубоком водоеме произведен ядерный взрыв мощностью 30 килотонн.

Определить. Максимальное избыточное давление, импульс, энергию и постоянную времени на расстоянии 5 км от центра взрыва.

Решение. Расстояние D_1 для ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, соответствующее $D=5$ км для ядерного взрыва мощностью 30 килотонн, равно

$$\frac{5}{30^{1/3}} = \frac{5}{3,1} = 1,6 \text{ км.}$$

Из рис. 6.73 следует, что максимальное избыточное давление при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну на расстоянии 1,6 км от центра взрыва составляет 23 кг/см^2.

Согласно закону подобия такое же давление при ядерном взрыве мощностью 30 килотонн будет наблюдаться на расстоянии $1,6 \cdot 30^{1/3} = 5,0$ км от места взрыва. Следовательно, искомая величина максимального избыточного давления составляет 23 кг/см^2.

Величины импульса, энергии и постоянной времени на расстоянии 1,6 км от центра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну равны

импульс $=0,456$ кгсек/см^2,
энергия $=0,27$ кгм/см^2,
постоянная времени $=17,5$ мсек.

Следовательно, на расстоянии 5 км от центра ядерного взрыва мощностью 30 килотонн величины будут иметь следующие значения:

импульс $=0,456 \cdot 30^{1/3} = 1,42$ кгсек/см^2,
энергия $=0,27 \cdot 30^{1/3} = 0,84$ кгм/см^2,
постоянная времени $=17,5 \cdot 30^{1/3} = 54$ мсек.

6.74. Определение параметров подводной ударной волны для взрыва мощностью W килотонн производится таким же образом, как это было указано в главе 3 для воздушного взрыва. Таким образом, если расстояние от центра подводного ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, на котором возникает определенное избыточное давление, составляет D_1, то такое же избыточное давление для ядерного взрыва мощностью W килотонн будет на расстоянии D от центра взрыва, где $D=D_1 \cdot W^{1/3}$ (так же, как в уравнении (3.56.2) для случая воздушного взрыва). Импульс и энергия подводной ударной волны определяются так же, как импульс и энергия при воздушном взрыве (как это было показано в п. 3.58). Таким образом,

$$I = I_1 \cdot W^{1/3} \text{ на расстоянии } D = D_1 \cdot W^{1/3},$$
$$E = E_1 \cdot W^{1/3} \text{ на расстоянии } D = D_1 \cdot W^{1/3},$$

где I и E представляют собой соответственно импульс и энергию на расстоянии D от центра ядерного взрыва мощностью W килотонн, а I_1 и E_1 — аналогичные величины, но на расстоянии D_1 от центра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну.

Закон подобия иллюстрируется примером, решение которого производится с помощью графика, представленного на рис. 6.73.

6.75. Изменение давления в ударной волне в воде на определенном расстоянии от центра взрыва во времени может быть представлено выражением

$$p(t) = pe^{-t/\theta}, \tag{6.75.1}$$

где $p(t)$ — давление в момент t после прихода фронта ударной волны в фиксированную точку;

p — максимальное давление, наблюдавшееся в момент прибытия фронта ударной волны в данную точку;

θ — параметр, называемый постоянной времени. Физически представляет собой время, за которое максимальное давление p уменьшится в e раз.

Величина постоянной времени изменяется с расстоянием от центра взрыва; некоторые ее значения, вычисленные для случая глубокого подводного ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, приведены на рис. 6.73. Постоянная времени для ядерного взрыва заряда мощностью W килотонн может быть определена путем использования закона подобия (аналогично тому, как определяются энергия и импульс в примере, приведенном выше).

6.76. Из уравнения (6.75.1) видно, что величина θ определяет скорость уменьшения давления подводной ударной волны во времени и, следовательно, дает возможность оценить продолжительность действия подводной ударной волны. Так как θ с увеличением расстояния от центра взрыва возрастает, то растет соответственно и продолжительность действия подводной ударной волны.

6.77. Значения максимального давления и продолжительности действия подводной ударной волны при взрыве в неглубоком водоеме будут меньше соответствующих значений, приведенных выше в графике для взрыва в глубоком водоеме; это объясняется влиянием поверхности воды и дна водоема.

Изменение максимального давления воды в зависимости от расстояния от эпицентра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну на средней глубине определено на основе измерений, произведенных во время испытания «Бейкер». Характер этого изменения показан на графике, изображенном на рис. 6.77.

Этим графиком можно пользоваться также для оценки действия ядерных взрывов других мощностей, произведенных на средней глубине в водоемах, имеющих приведенную глубину (т. е. фактическую глубину, деленную на $W^{1/3}$), равную 20 м.

Кривая графика на рис. 6.77 показывает зависимость максимального избыточного давления в воде от расстояния до центра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, произведенного на средней глубине в водоеме глубиной 20 м.

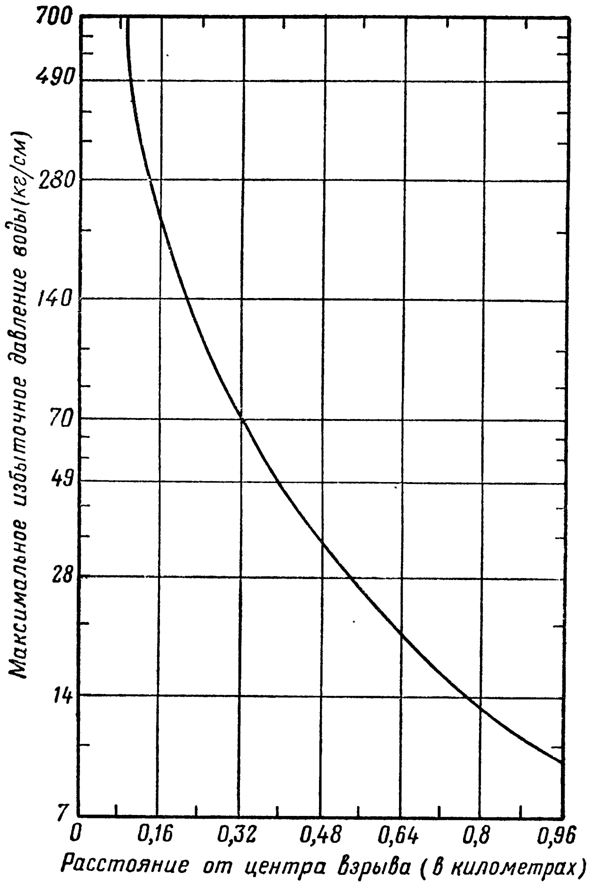


Рис. 6.77. Изменение максимального избыточного давления в подводной ударной волне при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну в водоеме глубиной около 20 м

Метод расчета. В случае если приведенная глубина водоема составляет 20 м, расстояние, на котором наблюдается заданное давление при ядерном взрыве мощностью W килотонн, определяется умножением соответствующего расстояния при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну на величину $W^{1/3}$.

Пример.

Дано. Ядерный взрыв мощностью 30 килотонн произведен на средней глубине в водоеме глубиной 60 м.

Определить. Расстояние, на котором величина максимального избыточного давления составляет 21 кг/см^2.

Решение. Приведенная глубина, соответствующая фактической глубине 60 м, составляет $\frac{60}{30^{1/3}} = \frac{60}{3,1} = 19,5$ м. Это достаточно близко к величине 20 м, чтобы можно было использовать график на рис. 6.77.

Из графика определяем, что при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну максимальное избыточное давление, равное 21 кг/см^2, наблюдается на расстоянии 0,625 км от центра взрыва. Следовательно, при ядерном взрыве мощностью 30 килотонн максимальное избыточное давление будет иметь указанное значение на расстоянии $0,625 \cdot 30^{1/3} = 0,625 \cdot 3,1 = 1,94$ км.

Воздушная ударная волна при подводных взрывах

6.78. Как указывалось выше, определенное количество энергии подводной ударной волны, образующейся при неглубоком подводном взрыве, передается в воздух в виде воздушной ударной волны. Вообще говоря, доля энергии, переданная таким образом, зависит от глубины взрыва, однако чтобы иметь некоторое суждение о величинах избыточного давления в воздухе, в качестве исходных величин были использованы данные, полученные в ходе испытаний «Бейкер».

На основе этих данных с использованием известного закона подобия была построена кривая для подводного ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, приведенная на рис. 6.78. Избыточные давления, полученные из этого графика, будут меньше соответствующих давлений ударной волны, образующейся при взрыве на поверхности, но больше соответствующих давлений ударной волны глубокого подводного взрыва. Эта кривая зависимости избыточного давления от расстояния может быть использована вместе с законом подобия для приближенной оценки избыточного давления ударной волны при любых взрывах на небольшой глубине в водоемах средней глубины.

Кривая графика на рис. 6.78 показывает зависимость максимального избыточного давления от расстояния до эпицентра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, произведенного на небольшой глубине.

Метод расчета. Расстояние, на котором максимальное избыточное давление в воздухе будет иметь заданное значение при ядерном взрыве мощностью W килотонн, определяется умножением расстояния, на котором давление будет иметь то же значение при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну, на коэффициент $W^{1/3}$.

Пример.

Дано. Ядерный взрыв мощностью 30 килотонн произведен в водоеме глубиной 30 м.

Определить. Расстояние, на котором избыточное давление в воздухе на поверхности воды составляет 0,35 кг/см².

Решение. Из графика 6.78 следует, что избыточное давление воздуха при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну имеет

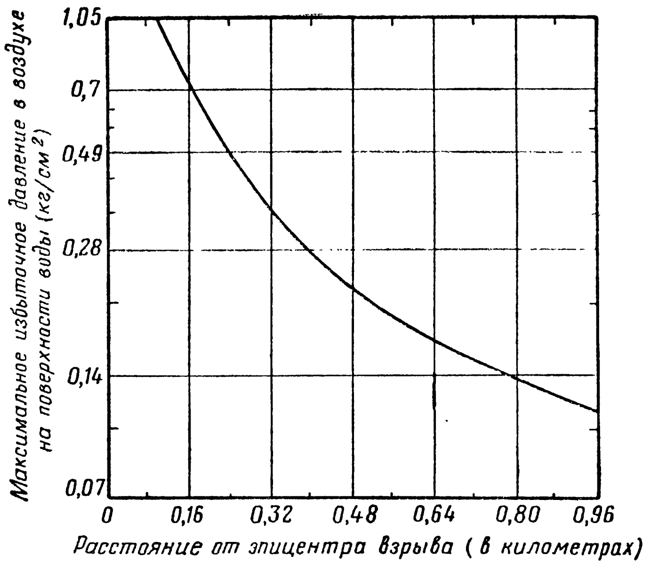


Рис. 6.78. Изменение максимального избыточного давления в воздухе на поверхности воды при неглубоком подводном ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну

величину 0,35 кг/см² на расстоянии 0,32 км от эпицентра. Следовательно, при ядерном взрыве мощностью 30 килотонн давление будет иметь такое же значение на расстоянии от эпицентра, равном $0{,}32 \cdot 30^{1/3} = 1$ км.

Высота волн, образующихся на поверхности воды при подводных взрывах

6.79. На графике, изображенном на рис. 6.79, приведены приблизительные величины максимальных высот волн (от гребня до впадины) на различных расстояниях от центра подводного ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну. Этот график можно использовать для определения высоты волн для ядерного взрыва заряда мощностью W килотонн в водоеме, приведенная глубина

которого (определяемая как фактическая глубина, деленная на $W^{1/4}$) составляет 25,8 м. Высота волны на любом данном расстоянии от эпицентра взрыва в этом случае может быть получена умножением соответствующей величины, найденной из графика, представленного на рис. 6.79 (справедливого для ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну), на коэффициент $W^{1/2}$. Если приведенная глубина водоема меньше 25,8 м, то высота волны уменьшается прямо пропорционально фактической глубине водоема.

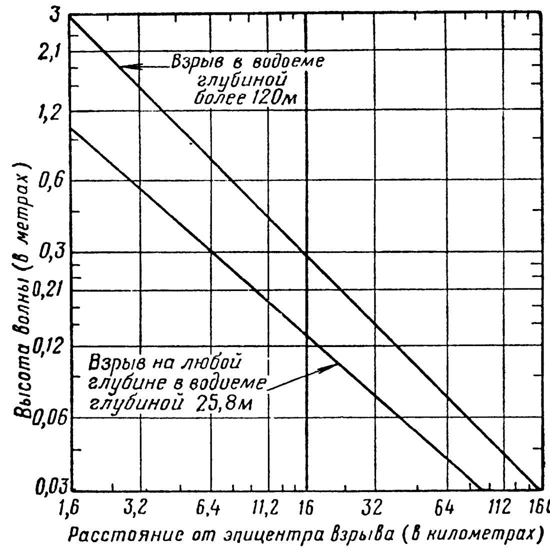


Рис. 6.79. Максимальная высота волн, образующихся при различных видах подводных взрывов мощностью в 1 килотонну

6.80. Особенности подводных ядерных взрывов на больших глубинах известны очень мало. На рис. 6.79 приведена кривая, выведенная на основе теоретических расчетов. Она показывает максимальную высоту волны при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну на большой глубине, т. е. на глубине более $120\,W^{1/4}$ м. Примерные данные о высоте волны при подводном ядерном взрыве мощностью W килотонн можно получить, умножив величину высоты для взрыва мощностью в 1 килотонну на коэффициент приведения $W^{1/2}$. Следует заметить, что данные на рис. 6.79 справедливы для водоема постоянной глубины, т. е. они не учитывают ослабление волн на мелководье.

Нижняя кривая на рис. 6.79 показывает изменение приближенного значения максимальной высоты волны (от гребня до впадины) в зависимости от расстояния до эпицентра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну в водоеме глубиной 25,8 м. Верхняя

кривая относится к ядерному взрыву мощностью в 1 килотонну в водоеме глубиной более 120 м; в этом случае дно водоема не оказывает влияния на характер образования волны.

Метод расчета. Высота волны на заданном расстоянии от эпицентра ядерного взрыва мощностью W килотонн определяется умножением высоты волны, образующейся на таком же расстоянии при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну, на коэффициент $W^{1/2}$. Это справедливо, если приведенные глубины взрывов равнозначны указанным на рис. 6.79. Приведенная глубина составляет $d/W^{1/4}$, где d — действительная глубина в метрах. Для нижней кривой d=25,8 м, а для верхней d — более 120 м. Для приведенных глубин менее 25,8 м высота волны пропорциональна глубине водоема; таким образом $h_d = h_{25,8}\ (d/W^{1/4})$, где h_d — высота волны для приведенных глубин менее 25,8 м, $h_{25,8}$ — высота волны для приведенной глубины 25,8 м, d — глубина водоема в метрах.

Пример.

Дано. а) Ядерный взрыв мощностью 30 килотонн произведен в водоеме глубиной 60 м; б) Ядерный взрыв мощностью 30 килотонн произведен в водоеме глубиной 30 м; в) Ядерный взрыв мощностью 30 килотонн произведен в водоеме глубиной 300 м.

Определить. Ожидаемую максимальную высоту волны в каждом случае на расстоянии 6,4 км от эпицентра взрыва.

Решение. а) Приведенная глубина водоема составляет $\frac{60}{30^{1/4}} = \frac{60}{2{,}34} = 25{,}8$ м. Следовательно, в этом случае нижняя кривая на рис. 6.79 может быть использована. Из графика определяем, что на расстоянии 6,4 км от эпицентра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну максимальная высота волны составляет 0,3 м. Следовательно, высота волны на расстоянии 6,4 км от эпицентра ядерного взрыва мощностью 30 килотонн составляет $0{,}3 \cdot 30^{1/2} = 0{,}3 \cdot 5{,}5 = 1{,}65$ м.

б) Так как глубина 30 м меньше, чем глубина 25,8 $W^{1/4}$ м для величины W, равной 30 килотоннам, то высота волны будет пропорциональна фактической глубине водоема.

Если при глубине водоема 60 м высота волны на расстоянии 6,4 км от эпицентра ядерного взрыва мощностью 30 килотонн составляет 1,65 м, то при глубине водоема 30 м высота волны на том же расстоянии будет равна $1{,}65 \cdot \frac{30}{60} = 0{,}825$ м.

в) Приведенная глубина водоема

$$\frac{300}{30^{1/4}} = \frac{300}{2{,}34} = 129 \text{ м.}$$

Поскольку эта глубина больше 120 м, следует пользоваться верхней кривой. Максимальная высота волны на расстоянии 6,4 км

от эпицентра ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну составляет 0,72 м. Следовательно, максимальная высота волны на расстоянии 6,4 км от эпицентра ядерного взрыва мощностью 30 килотонн, произведенного в водоеме глубиной 300 м, будет равна

$$0{,}72 \cdot 30^{1/2} = 0{,}72 \cdot 5{,}5 = 3{,}96 \text{ м.}$$

Образование подводной воронки

6.81. Размеры воронок, образующихся на дне водоема в результате подводных взрывов, для некоторого диапазона мощностей взрывов даны на рис. 6.81. Эти величины даны для взрывов на глубине менее 4,5 м и на дне в водоеме глубиной 15 м, имеющем песчаное, песчано-гравийное дно или дно, состоящее из мягких горных пород. Поправочные коэффициенты для других пород, из которых состоит дно, даны в пояснении к рис. 6.81.

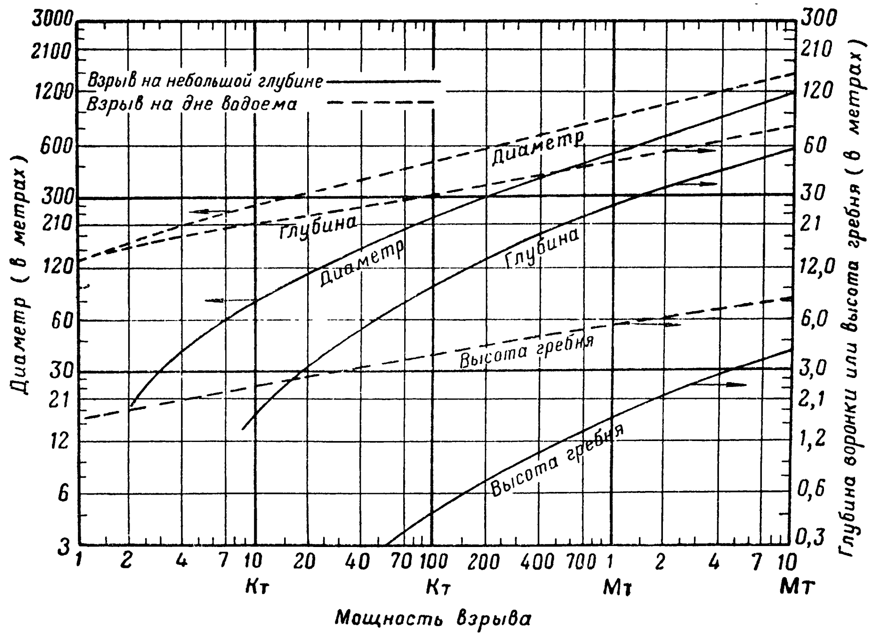


Рис. 6.81. Зависимость размеров воронки, образующейся при подводных ядерных взрывах, от мощности взрыва

Кривые графика на рис. 6.81 показывают зависимость высоты гребня, а также глубины и диаметра воронки в дне водоема, образующейся при подводном взрыве, от мощности взрыва. Данный график справедлив для взрывов, произведенных на глубине до 4,5 м и на дне в водоеме глубиной 15 м с дном, состоящим из песчаных, песчано-гравийных или мягких горных пород.

При других породах дна водоема для определения размеров воронки необходимо пользоваться следующими поправочными коэффициентами.

Грунт	Для диаметра	Для глубины	Для высоты гребня
Лёсс	1,0	1,7	0,7
Глина	1,0	2,3	2,3
Твердые горные породы	0,7	0,5	0,4
Ил	0,7	0,4	0,2

Пример.

Дано. Ядерный взрыв мощностью 200 килотонн произведен в водоеме глубиной 15 м. Дно состоит преимущественно из глинистых грунтов.

Определить. а) Размеры воронки при взрыве вблизи поверхности.

б) Размеры воронки при взрыве на дне.

Решение. Согласно рис. 6.81 размеры воронки для ядерного взрыва мощностью 200 килотонн имеют следующие значения:

	а)	б)
диаметр	300 м	570 м;
глубина	13,2 м	36 м;
высота гребня	0,72 м	4,2 м.

Размеры воронки с учетом поправочных коэффициентов для глинистого дна водоема составляют

	а)	б)
диаметр	$300 \cdot 1,0 = 300$ м	$570 \cdot 1,0 = 570$ м;
глубина	$13,2 \cdot 2,3 = 30$ м	$36 \cdot 2,3 = 82,8$ м;
высота гребня	$0,7 \cdot 2,3 = 1,61$ м	$4,2 \cdot 2,3 = 9,7$ м.

ПОВРЕЖДЕНИЯ ОТ ПОДВОДНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Повреждение судов

6.82. Изложение вопросов, связанных с действием подводной ударной волны на суда, основанные на опыте испытаний «Бейкер», дано в п. 6.35 и далее. В большинстве случаев подводная ударная волна является важным фактором при определении степени разрушений. Исключения из этого правила могут иметь место, когда взрывы производятся вблизи поверхности воды или при взрывах большой мощности в неглубоких водоемах. В этих случаях воздушная ударная волна будет иметь большее значение, чем подводная ударная волна.

6.83. Характер повреждений судов от подводного взрыва определяется тем же методом, что и повреждения при воздушном ядерном взрыве. Следовательно, общая характеристика повреждений, приведенная в таблице 4.53, применима во всех случаях, независимо от того, вызваны ли разрушения действием подводной или воздушной ударной волны. Влияние мощности взрыва и расстояния на характер повреждений торговых судов при воздушном взрыве даны на рис. 4.58б.

Повреждение подводных сооружений

6.84. Как и при действии воздушной ударной волны, повреждения подводных сооружений под воздействием подводной ударной волны будут зависеть от размеров сооружений и их динамических характеристик. Важное значение, в частности, по-видимому, будут иметь такие показатели, как постоянная времени подводной ударной волны (6.75), с одной стороны, а с другой — время пластической деформации (естественная реакция) и время обтекания сооружения волной, т. е. время, необходимое для распространения волны на расстояния, соответствующие размерам подводного сооружения. Если подводное сооружение находится недалеко от поверхности воды, то в определенных условиях некоторое значение будет иметь и время «срезания» (разгрузка от поверхности воды).

6.85. Если постоянная времени подводной ударной волны и время «срезания» велики по сравнению с временными показателями сооружения, т. е. если продолжительность действия подводной ударной волны сравнительно большая, то максимальное давление ударной волны будет являться критерием степени повреждений. Сказанное применимо в отношении небольших прочных подводных сооружений, поскольку такие сооружения будут иметь небольшие по величине временные показатели.

6.86. Для крупных и прочных подводных сооружений, когда длительность действия ударной волны невелика по сравнению с динамическими показателями сооружения, при определении степени повреждения важное значение будет иметь импульс ударной волны (рис. 6.73). В этой связи необходимо помнить, что величина импульса и вызванное им повреждение будут значительно меньше, если волна, отраженная от поверхности раздела воздушной и водной сред, достигнет цели вскоре после того, как туда придет основная ударная волна.

6.87. Если крупные подводные сооружения могут выдержать большие остаточные деформации в результате действия фронта ударной волны, то разрушения, по-видимому, в основном будут зависеть от энергии ударной волны (6.73). Если сооружение находится близко к поверхности воды, то время «срезания» уменьшит количество энергии до безопасного уровня.

ГЛАВА 7

СВЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕГО ДЕЙСТВИЕ

ИЗЛУЧЕНИЕ ОГНЕННОГО ШАРА

Общие свойства светового излучения

7.01. Одно из важных отличий ядерного взрыва от обычного (тротилового) заключается в том, что при ядерном взрыве значительная часть энергии высвобождается в форме светового (теплового) излучения. Поскольку при ядерном взрыве на единицу массы ядерного заряда высвобождается огромное количество энергии, температура в области взрыва достигает нескольких миллионов градусов, в то время как при обычных взрывах температура достигает лишь нескольких тысяч градусов. В результате образования таких высоких температур значительное количество энергии высвобождается в форме коротковолновых электромагнитных излучений. Первоначально эти излучения происходят главным образом в диапазоне рентгеновских лучей. Однако рентгеновские лучи поглощаются воздухом, в результате чего последний нагревается до очень высоких температур. Нагретый воздух, составляющий огненный шар, в свою очередь дает излучения примерно в том же диапазоне спектра, что и солнечный свет у земной поверхности. Именно излучения огненного шара (ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные лучи), распространяющиеся со скоростью света, ощущаются на значительных расстояниях от взрыва. Время, необходимое для распространения излучений огненного шара до определенного объекта, находящегося в нескольких километрах от взрыва, весьма незначительное.

7.02. Целесообразно особо остановиться на значении термина «световое излучение» в том смысле, в котором он употребляется в данной главе. Фактически вся энергия, высвобождающаяся во время ядерного взрыва, в конечном счете превращается в тепло. Однако считается, что световое излучение огненного шара составляет только часть этой энергии. Некоторые виды теплового излучения, в частности в диапазоне ультрафиолетовых лучей, поглощаются атомами и молекулами нагретого воздуха, которые постепенно вновь излучают эту энергию в измененной форме.

Замедление скорости распространения этих видов излучения понижает их поражающее действие. Поэтому эффективным (или мгновенно действующим) световым излучением целесообразно считать излучение огненного шара в течение первой минуты (или менее) после взрыва.

7.03. Как указывалось в главе 2, при воздушных ядерных взрывах на высоте ниже 15 000 м световое излучение испускается в виде двух импульсов. Первый, довольно короткий импульс несет примерно 1% всей излучаемой энергии, второй импульс более значителен и имеет бóльшую продолжительность. Общая длительность эффективного светового импульса увеличивается с увеличением мощности взрыва. Так, например, длительность эффективного светового импульса при воздушном ядерном взрыве мощностью в 10 мегатонн — около 30 секунд, в то время как при взрыве мощностью в 1 килотонну она составляет примерно 0,3 секунды. С увеличением высоты взрыва изменяется характер импульса светового излучения. При высотах более 30 000 м имеет место только один световой импульс, и эффективная продолжительность его, зависящая от высоты и мощности взрыва, для ядерных взрывов мегатонного диапазона равняется примерно одной секунде или менее.

7.04. При обычном воздушном взрыве примерно 30—40% всей энергии излучается огненным шаром в виде светового излучения. Имеются некоторые данные о том, что доля световой энергии уменьшается с увеличением мощности. В данной главе для упрощения принимается, что из всего количества высвобождаемой при воздушном взрыве энергии $^1/_3$ выделяется в виде световой энергии. Это означает, что на каждую килотонну высвободившейся энергии $^1/_3$ килотонны, т. е. $3{,}3 \cdot 10^{11}$ калорий, представляет собой световое излучение. Это равнозначно почти 400 000 киловатт-часов энергии.

7.05. Хотя при воздушном ядерном взрыве бóльшую часть разрушений причиняет ударная волна, однако световое излучение также способствует увеличению масштабов разрушений ввиду воспламенения горючих материалов (бумага, сухие листья и сучья) и образования пожаров в зданиях, лесах и т. п. Эти пожары могут быстро распространяться. Кроме того, световое излучение может вызвать ожоги и поражение органов зрения у людей, находящихся на открытом месте на таких расстояниях от ядерного взрыва, где действие ударной волны или начального ядерного излучения незначительно. Разница между радиусами поражающего действия светового излучения и других упомянутых факторов становится более явной по мере увеличения мощности взрыва. Поражения, вызываемые остаточным ядерным излучением вследствие выпадения радиоактивных продуктов взрыва, которое сопровождает наземный ядерный взрыв, могут наблюдаться на расстояниях, пре-

вышающих радиус поражающего действия светового излучения. Однако даже и в этом случае световое излучение представляет собой серьезный фактор поражения людей.

Ослабление светового излучения

7.06. Степень поражения людей в результате воздействия светового излучения, а также возможность воспламенения горючих материалов в значительной мере зависят от количества энергии светового излучения, попадающей на единицу площади кожи, ткани или другого облучаемого материала. Световая энергия, падающая на данную поверхность при взрыве, будет тем меньше, чем дальше эта поверхность находится от места взрыва. Это объясняется двумя причинами: 1) распределением светового излучения по все большей площади, по мере того как это излучение распространяется от огненного шара, и 2) ослаблением излучения в процессе его прохождения через воздух.

7.07. Если излучение равномерно распространяется во всех направлениях, то на расстоянии D от центра взрыва на каждую единицу площади поверхности сферы радиуса D будет падать одинаковое количество световой энергии. Общая площадь этой сферы составит $4\pi D^2$. Если общее количество энергии светового излучения, образующейся при взрыве, обозначить через E, то количество энергии, приходящейся на единицу площади на расстоянии D от места взрыва при отсутствии ослабления излучения атмосферой, составит $E/4\pi D^2$. Очевидно, что эта величина изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния от центра взрыва. Так, например, на расстоянии 3,2 км от центра взрыва количество световой энергии на единицу площади составит $^1/_4$ того количества энергии, которое будет получено на половине этого расстояния, т. е. на расстоянии 1,6 км.

7.08. Чтобы определить количество энергии светового излучения, фактически падающей на единицу площади, необходимо учесть ослабление излучения атмосферой. Это ослабление обусловливается двумя основными моментами, а именно: поглощением и рассеиванием. Находящиеся в воздухе атомы и молекулы могут поглощать некоторую часть излучения и таким образом ослаблять его. Наиболее эффективно поглощаются лучи с короткой длиной волны (ультрафиолетовые). В этой связи важную роль играют молекулы кислорода, а также озона, двуокиси азота, азотистой кислоты, образуемые в результате воздействия гамма-излучений на находящиеся в атмосфере газы.

7.09. В результате поглощения световое излучение, особенно в ультрафиолетовой части спектра, заметно ослабляется по мере удаления от места взрыва. Некоторая часть поглощенного излучения позднее вновь излучается, однако излучение происходит примерно одинаково во все стороны. Как следствие, на тех расстояниях, где действие светового излучения по сравнению с другими такими факторами, как ударная волна и начальное ядерное излучение, значительно, доля ультрафиолетовых лучей весьма невелика. Однако ультрафиолетовое излучение более опасно для людей, нежели излучение видимых и инфракрасных лучей, а поэтому присутствие даже небольшого количества ультрафиолетовых излучений при определенных условиях имеет большое значение.

7.10. Ослабление светового излучения, обусловленное рассеиванием, т. е. происходящее в результате отклонения лучей от их первоначального направления, имеет место при излучениях с любой длиной волны. Рассеивание может быть вызвано находящимися в воздухе молекулами азота и кислорода. Однако наибольшее значение имеет рассеивание, вызываемое отражением и дифракцией световых лучей на частицах пыли, дыма или тумана, содержащихся в атмосфере. Отклонение лучей от их первоначального пути, обусловленное рассеиванием, приводит к тому, что распространение светового излучения в большей мере носит диффузионный характер, чем прямолинейный.

Влияние атмосферных условий

7.11. Ослабление энергии светового излучения, происходящее в результате его рассеивания в воздухе, зависит от атмосферных условий, таких как концентрация и размеры находящихся в воздухе частиц, а также от длины волны излучения. Это значит, что энергия излучений, обладающих различной длиной волн (ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные), уменьшается по-разному. В практических целях, однако, более целесообразно для всех волн, входящих в состав светового излучения, принять среднюю величину ослабления.

7.12. Способность атмосферы рассеивать излучения характеризуется дальностью видимости, или, короче говоря, видимостью. Дальность видимости определяется расстоянием по горизонтали, на котором большой темный предмет может быть виден над горизонтом в дневное время. В таблице 7.12 приведены установленные

Таблица 7.12

Дальность видимости и прозрачность атмосферы

Атмосферные условия	Дальность видимости	
	километры	мили
Исключительно ясно	280	170
Очень ясно	50	31
Ясно	20	12
Легкая дымка	10	6
Дымка	4	2,5
Легкий туман	2	1,2
Туман или густой туман	1 или менее	0,6 или менее

международной практикой данные о зависимости между прозрачностью атмосферы и дальностью видимости.

7.13. Одно время считалось, что количество энергии светового излучения, приходящееся на единицу площади облучаемого материала, расположенного на определенном расстоянии от места ядерного взрыва, очень сильно зависит от прозрачности атмосферы. Однако оказалось, что в определенных границах это не так. С увеличением расстояния от центра взрыва действительно все время происходит ослабление светового излучения; однако это ослабление идет не так быстро, как предполагали ранее. Более того, на расстоянии, составляющем менее половины дальности видимости, степень ослабления светового излучения изменяется не более чем на 35% при атмосферных условиях между «ясно» и «очень ясно», т. е. когда дальности видимости составляют 16—80 км. Наблюдаемое изменение гораздо меньше, нежели можно было бы ожидать от чисто поглощающих качеств атмосферы.

7.14. Причина такого явления состоит в том, что световое излучение, достигающее данной точки, находящейся на определенном расстоянии от ядерного взрыва, включает в себя как прямое (нерассеянное), так и рассеянное излучение. Если воздух чист и в нем содержится небольшое количество взвешенных частиц, то степень рассеяния небольшая и количество рассеянного излучения, достигающего данной точки, незначительно. В этой точке излучение представлено в основном только лучами, которые распространяются прямолинейно, не подвергаясь рассеянию.

7.15. Если воздух содержит некоторое количество взвешенных частиц, количество светового излучения, распространяющегося прямолинейно, будет меньше, нежели в чистой атмосфере. Однако это уменьшение в значительной степени компенсируется увеличением количества рассеянного излучения, достигающего данного объекта (района). Многократное рассеяние, т. е. рассеяние уже рассеянного излучения, которое весьма возможно при высокой концентрации частиц воздуха, приводит к тому, что объект подвергается облучению с многих направлений.

7.16. Именно вследствие частичной компенсации, происходящей в результате многократного рассеяния, общее количество энергии ядерного взрыва, падающее на единицу площади на данном расстоянии, в определенных пределах изменения дальности видимости изменяется незначительно. Следует отметить, что этот общий вывод остается справедливым только в том случае, если атмосфера достаточно прозрачна, т. е. при отсутствии атмосферных осадков, тумана или плотной дымки, наблюдающейся обычно в промышленных городах. Если эти условия имеются, большую роль будет играть еще один фактор, а именно — поглощение в результате наличия в воздухе паров воды и двуокиси углерода. При таких условиях уменьшение прямолинейно распространяющегося излучения в результате рассеяния и поглощения не может быть

компенсировано многократным рассеянием. В результате происходит уменьшение количества лучистой энергии, получаемой на данном расстоянии от места взрыва. Другой особый случай, который рассматривается ниже, имеет место тогда, когда взрыв происходит ниже слоя облаков.

7.17. Следует также обратить внимание на то, что ослабление светового излучения зависит от атмосферных условий в небольшой степени только в том случае, когда расстояние от места взрыва меньше половины дальности видимости. На больших расстояниях потеря световой энергии будет тем больше, чем меньше дальность видимости. Поэтому предположение о том, что на больших расстояниях от места взрыва ослабление энергии светового излучения не зависит от дальности видимости, приводит при расчете количества падающей световой энергии к завышенным результатам. Но с точки зрения защиты от светового излучения, завышенные результаты предпочтительнее заниженных.

Влияние дыма и тумана

7.18. Когда воздушный взрыв происходит выше слоя плотных облаков, дыма или тумана, значительная часть светового излучения отражается от поверхности этого слоя вверх. С точки зрения воздействия на объект, расположенный на поверхности земли, это отраженное излучение можно считать потерянным. Кроме того, большая часть излучения, проходящего сквозь слой, будет рассеиваться и поглощаться, и таким образом только незначительная его доля будет доходить до данной точки на поверхности земли прямым путем. Эти два фактора значительно уменьшают количество световой энергии, достигающей данного объекта, расположенного на поверхности земли и прикрытого слоем тумана или дыма.

7.19. Искусственное задымление ослабляет световое излучение так же, как туман. Плотная дымовая завеса, образованная между центром ядерного взрыва и объектом, может уменьшить количество энергии светового излучения в 10 раз по сравнению с количеством, которое было бы получено, если бы не было дымовой завесы. Таким образом, дымовые завесы могут обеспечить защиту от светового излучения при ядерном взрыве.

7.20. Необходимо понять, что ослабление светового излучения слоем тумана или дыма будет происходить только в том случае, когда центр ядерного взрыва будет находиться выше или в самом слое тумана (дыма). Если взрыв произойдет в умеренно прозрачном воздухе ниже слоя облаков или тумана, то та часть излучения, которая в нормальных условиях ушла бы вверх, будет отражена обратно на землю. В результате такого отражения количество световой энергии, полученной в данной точке, фактически будет больше, нежели при таких же атмосферных условиях, но без облаков или тумана.

Экранирование

7.21. Световое излучение при ядерном взрыве, если только оно не рассеивается, распространяется прямолинейно от своего источника — огненного шара, так же как и обычный свет. Поэтому любой твердый непрозрачный предмет (стена или дерево), находящийся между объектом и огненным шаром, будет защищать от действия светового излучения. Некоторые примеры, характеризующие эффективность такой защиты (многие из которых имели место при ядерных взрывах в Японии), будут рассмотрены ниже. С другой стороны, прозрачные материалы, такие, как стекло или пластмассы, пропускающие световое излучение, ослабляют его лишь в незначительной степени.

7.22. Экран, защищающий объект только со стороны огненного шара, а не со всех сторон, не может быть полностью эффективным при наличии в атмосфере дымки. Значительная часть светового излучения, особенно при его распространении на большое расстояние от места взрыва, подвергается рассеянию и будет поступать в данную точку со всех направлений, а не только прямолинейно от точки взрыва. Это необходимо иметь в виду при рассмотрении проблемы защиты от действия светового излучения.

Влияние вида взрыва

7.23. Вышеизложенное относилось к световому излучению при воздушном ядерном взрыве. Для других видов взрыва общее воздействие светового излучения такое же, однако степень этого воздействия будет различной. При наземном (надводном) взрыве, когда огненный шар касается поверхности земли или воды, доля энергии, высвобождающейся в виде светового излучения, будет меньше, чем при воздушном взрыве. Некоторая часть энергии расходуется на плавление и испарение материалов поверхности, однако это количество энергии сравнительно небольшое (около 1—2%) и его влияние на образование светового излучения незначительно. Что касается распространения светового излучения, то большее значение здесь имеют другие факторы. Во-первых, рельеф местности может играть роль своего рода защитного экрана, и, во-вторых, образующиеся на ранних стадиях взрыва слои водяных паров и пыли в районе взрыва будут поглощать определенную часть светового излучения. Кроме того, большая часть светового излучения, прежде чем достичь объекта (цели) на поверхности земли, должна будет пройти воздушные слои, расположенные близко к земной поверхности. В этих слоях атмосферы происходит значительное поглощение светового излучения молекулами водяных паров и двуокиси углерода, а рассеяние в результате наличия в воздухе различных частиц здесь гораздо больше, нежели в верхних слоях атмосферы. Как следствие, при наземном взрыве количество световой энергии, достигающей объекта, находящегося на определенном расстоянии от взрыва, может составлять от $^3/_4$ до $^1/_2$ количества световой энергии при воздушном взрыве такой же мощности. Интересно отметить, что если смотреть сверху, например с самолета, то наземный взрыв имеет такие же световые характеристики, как и воздушный.

7.24. При подземных или подводных взрывах, в тех случаях когда через поверхность земли (воды) прорывается лишь небольшая часть огненного шара, поглощается почти все световое излучение. Энергия светового излучения в данном случае расходуется на испарение почвы или воды. Таким образом, обычное действие светового излучения, наблюдаемое при воздушном взрыве, здесь отсутствует.

7.25. Как уже отмечалось в п. 2.121, при ядерных взрывах на большой высоте в результате большой разреженности воздуха рентгеновские лучи, излучаемые исключительно сильно нагретыми продуктами взрыва, поглощаются большой массой воздуха. Как следствие, температура огненного шара ниже, чем при воздушном взрыве, и поэтому его световое излучение развивается более медленно. Хотя из всей энергии ядерного взрыва воздухом может быть поглощено около 50—70%, только около половины этой энергии излучается со скоростью, которая позволяет считать это световым излучением, описанным в п. 7.02. Отсюда, для высот воздушного взрыва порядка 30 000—10 000 м световое излучение, испускаемое в виде одного импульса небольшой продолжительности (п. 7.03), составляет около 25—35% всей энергии взрыва.

ДЕЙСТВИЕ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Поглощение светового излучения

7.26. В силу того что при ядерном взрыве создаются очень высокие температуры, огненный шар с точки зрения количества энергии, высвобождающейся в виде светового излучения, напоминает солнце. При обычных взрывах не только общее количество освобождающейся энергии значительно меньше, чем при ядерных взрывах, но и создающиеся температуры гораздо ниже; таким образом, количество энергии, проявляющейся в виде светового излучения при обычных взрывах, гораздо меньше, нежели при ядерных взрывах. Как следствие, поражающее действие светового излучения при обычном взрыве незначительно, если не считать, может быть, случаев действия его на очень небольших расстояниях от места взрыва. С другой стороны, количество световой энергии, например, при воздушном ядерном взрыве может быть значительным даже на больших расстояниях. Поэтому явления, связанные с действием светового излучения, в частности ожоги кожи и возникновение пожаров в больших масштабах, являются специфической особенностью ядерного взрыва.

7.27. Количество световой энергии, падающей на единицу площади, зависит от общего количества энергии, освобождающейся при ядерном взрыве, расстояния до центра взрыва и в некоторой степени от состояния атмосферы. Хотя световое излучение, испускаемое огненным шаром, охватывает широкий диапазон волн — от коротких ультрафиолетовых до инфракрасных, — большая часть ультрафиолетового излучения поглощается или рассеивается при прохождении через атмосферу. Поэтому в районе объекта при обоих импульсах светового излучения ультрафиолетового излучения будет меньше, нежели можно было бы ожидать исходя из температуры огненного шара[1]. Как указывалось ранее, это происходит частично вследствие поглощения ультрафиолетовых излучений кислородом, озоном и другими веществами, образующимися в результате взаимодействия ядерных излучений с газами атмосферы. Кроме того, ультрафиолетовые лучи больше подвержены поглощению спокойной атмосферой, нежели видимый свет. Тем не менее, поскольку ультрафиолетовые излучения обладают большим биологическим воздействием, нежели видимые или инфракрасные лучи, они при некоторых условиях могут усиливать поражающее действие светового излучения.

7.28. Когда световое излучение попадает на какой-либо материал или предмет, часть его может отразиться, другая часть может быть поглощена, а остальная часть, если таковая останется, может пройти через материал и в конечном счете воздействовать на другие предметы и материалы. Именно та часть излучения, которая поглощается тем или иным материалом, превращается в тепло и тем самым определяет степень поражения материала. Величина, или доля, излучения, поглощаемая данным материалом, зависит в основном от характера и цвета этого материала или объекта. Материалы, обладающие высокой прозрачностью и отражательной способностью, световое излучение поглощают мало и поэтому относительно хорошо выдерживают его действие. Тонкий слой материала часто пропускает большую часть падающего на него излучения, поэтому сам не получает серьезных повреждений.

7.29. Ткань черного цвета поглощает гораздо большую часть падающего на нее излучения, чем ткань светлого цвета, и поэтому она подвергнется более значительному воздействию светового излучения, нежели последняя. Материал светлых тонов подвергнется обугливанию значительно меньше, нежели тот же материал, окрашенный в темные тона. Однако материал, который во время начальных стадий действия светового излучения легко темнеет или

[1] Из теоретических исследований и экспериментальных измерений известно, что длина волны, соответствующая максимальной плотности энергии излучения идеального излучателя (или «абсолютно черного тела»), на который весьма похож огненный шар, уменьшается с увеличением температуры излучения. При температуре выше 7500° К этот максимум находится в секторах ультрафиолетовых и рентгеновских лучей спектра.

обугливается, ведет себя в отношении светового излучения в основном как черный материал, т. е. как сильный поглотитель световой энергии, независимо от его первоначального цвета. С другой стороны, если образуется дым, то он будет играть роль экрана, частично защищающего материал от дальнейшего воздействия на него светового излучения.

7.30. При поглощении светового излучения поднимается температура материала, что может привести к ожогам или повреждениям, а также и к воспламенению горючих материалов. При рассмотрении поражающего действия светового излучения ядерного взрыва важно иметь в виду не только то, что общая величина светового импульса является значительной, но также и то, что это количество энергии высвобождается в течение очень короткого периода времени. Это означает, что световой импульс, т. е. скорость, с которой это излучение падает на ту или иную поверхность, является очень большой. Вследствие большой величины импульса излучения количество тепла, образующееся при поглощении светового излучения, возрастает с большой скоростью.

7.31. Поскольку в течение того короткого промежутка времени, за которое излучение, испускаемое во время ядерного взрыва, падает на материал, лишь небольшая часть тепла отводится за счет теплопроводности, поглощенная световая энергия компенсируется в основном только на небольшой глубине материала (за исключением, может быть, хороших проводников тепла, таких, как металлы). В результате этого температура на поверхности материала достигает очень больших величин. Так, например, было подсчитано, что при ядерных взрывах в Японии, которые были произведены на высоте около 555 м, твердые материалы на поверхности земли непосредственно под точкой взрыва нагревались до температуры 3000—4000° С. Правда, по мере удаления от эпицентра взрыва температура очень быстро уменьшалась, однако имеются данные, что даже на расстоянии 1200 м она превышала 1600° С.

7.32. Самым важным физическим результатом действия высоких температур, развивающихся вследствие быстрого поглощения светового излучения, являются ожоги кожи, оплавление, обугливание и, возможно, воспламенение возгораемых органических веществ, например древесины, тканей или бумаги (рис. 7.32). Под действием светового излучения могут воспламеняться такие тонкие или пористые вещества, как легкие ткани, газетная бумага, сухая трава, листья, а также и сухие деревья. С другой стороны, плотные органические материалы, например ветки (толщиной более 1 см), пластмассы и тяжелые ткани, обугливаются, но не горят. В этом случае может появиться густой дым или даже языки пламени, однако устойчивого горения материала не будет.

7.33. Иллюстрацией поведения материалов при действии на них светового излучения могут служить фотоснимки одного из домов с деревянным каркасом, подвергнутого воздействию ядерного взрыва в штате Невада в 1953 году.



Рис. 7.32. Воспламенение обивочного материала в легковом автомобиле под действием светового излучения ядерного взрыва привело к распространению огня на другие части автомобиля (полигон в штате Невада)

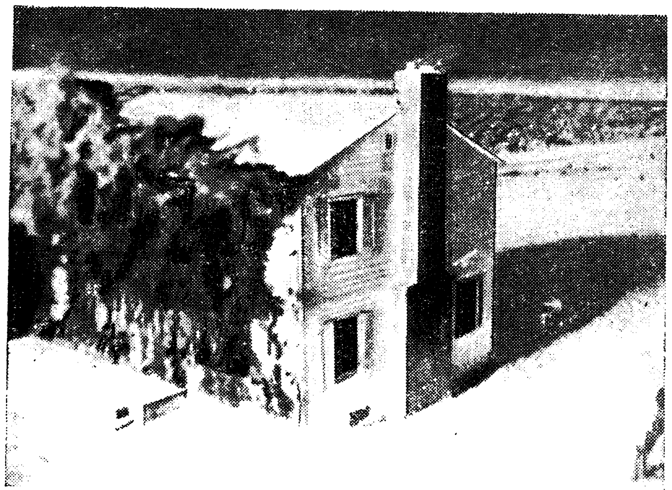


Рис. 7.33а. Воздействие светового излучения на деревянный дом. Пожар возник почти мгновенно после взрыва (интенсивность светового излучения — 25 кал/см²)

Как упоминалось в п. 5.12, для того чтобы стена отразила возможно бóльшую часть светового излучения и чтобы свести к минимуму возможность возникновения пожара, дома перед испытанием были покрашены в белый цвет. Фактически почти в момент взрыва часть дома, обращенная к взрыву, покрылась густым черным дымом (рис. 7.33а). Однако каких-либо признаков огня не было. Через очень короткое время, но до момента прибытия ударной волны, т. е. менее чем через 2 секунды после взрыва, дымообразование прекратилось (рис. 7.33б). Видимо, в связи с тем что

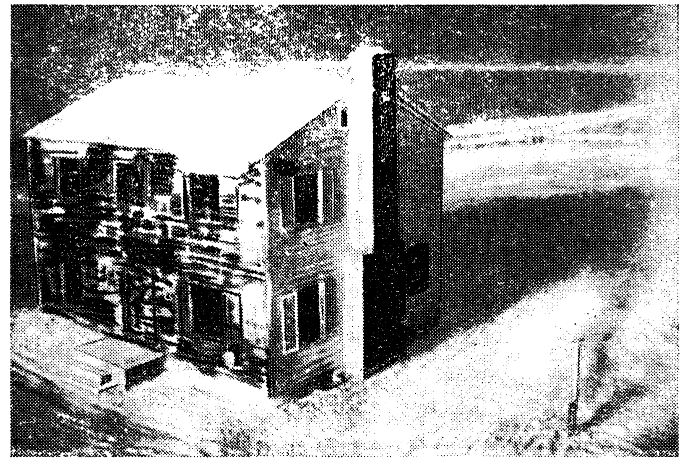


Рис. 7.33б. Результат воздействия светового излучения на деревянный дом (спустя 2 сек после ядерного взрыва)

в течение короткого периода воздействия светового излучения тепло было частично отведено от поверхности материала, его температура оказалась недостаточно высокой для того, чтобы воспламенить дерево. Ниже будет показано, что значительно более тонкие слои горючего материала на таком расстоянии, очевидно, воспламенятся.

7.34. Воспламенение материалов под действием светового излучения зависит от ряда факторов, из которых помимо характера самого материала наиболее важным являются его толщина и содержание влаги. Например, тонкий кусок данного материала воспламеняется быстрее, чем толстый; образец из сухого материала окажется поврежденным скорее, нежели образец из сырого. Температура материала также может иметь важное значение, поскольку нагретый материал воспламеняется легче, чем холодный.

7.35. Величина светового импульса является важным фактором, определяющим степень воспламенения различных материалов, а также тяжесть ожогов кожи людей, подвергшихся воздействию светового излучения. При данном общем количестве световой энергии, поглощенной единицей площади материала, повреждение будет тем больше, чем быстрее выделяется энергия. Таким образом, чтобы получить в данном материале один и тот же тепловой эффект для двух различных по мощности взрывов, общее количество световой энергии, полученное материалом на единицу площади, для взрыва большей мощности должно быть больше, чем для взрыва меньшей мощности. Это происходит потому, что при более мощном взрыве световая энергия выделяется в течение относительно большего периода времени, т. е. медленнее, чем при взрыве меньшей мощности.

7.36. Имеются данные, свидетельствующие о том, что для очень коротких по времени импульсов светового излучения, которые могут иметь место при взрывах малой мощности или при взрывах большой мощности на больших высотах, эта зависимость имеет обратный характер. Иными словами, данное количество энергии может быть менее эффективно при очень коротком импульсе излучения, например порядка доли секунды, нежели при импульсе большей продолжительности (1—2 секунды). При некоторых испытаниях, когда определенные материалы были подвержены воздействию коротких импульсов светового излучения, было отмечено, что поверхности испытываемых материалов быстро портились и влага из них испарялась. Казалось, с материала был сорван верхний покров, а остальная часть его пострадала мало. Падающая на материал световая энергия превратилась в кинетическую энергию «разрыва» молекул поверхности материала и не смогла проникнуть в глубь материала.

Воздействие светового излучения на кожу и глаза

7.37. Одним из наиболее серьезных последствий светового излучения при ядерном взрыве являются ожоги тела, получающиеся от поглощения лучистой энергии кожей людей, не защищенных от светового излучения. Кроме того, в силу фокусирующего действия человеческого глаза световое излучение может нанести неизлечимое повреждение глазам людей, которые случайно могут смотреть в сторону взрыва. Однако такие моменты бывают весьма редки. Более частым и поэтому более важным с точки зрения принятия защитных мер является временная потеря зрения (ослепление вспышкой) в результате исключительно яркой вспышки, особенно ночью, когда глаза привыкают к темноте. Это может иметь место независимо от того, в каком направлении смотрит человек. Различные виды воздействия светового излучения на человеческий организм будут рассмотрены более подробно в главе 11.

Повреждения, наносимые световым излучением тканям, дереву и пластмассам

7.38. Ткани, изготовленные из природного волокна, например из хлопка и шерсти, или из некоторых видов синтетических материалов, таких, как искусственный шелк, обугливаются, а иногда и загораются; с другой стороны, некоторые материалы, например нейлон, при нагревании до высокой температуры плавятся. Количество световой энергии, необходимое для того, чтобы вызвать определенные изменения в той или иной ткани, зависит, как это показано в п. 7.34, от ряда условий. Однако в большинстве случаев справедливыми остаются следующие общие выводы.

7.39. Поскольку ткани темного цвета лучше поглощают излучение, они повреждаются быстрее, чем такие же ткани светлого цвета. Но даже и в этом случае степень повреждения бывает различна в зависимости от метода окраски и особенно от характера волокна. Шерсть оказывает большее сопротивление действию лучистой энергии, чем хлопок или искусственное волокно; последние легче поддаются воздействию светового излучения, нежели нейлон. Ткани из легких материалов повреждаются при меньшем количестве световой энергии, нежели ткани, изготовленные из тяжелых материалов. Световой импульс, при котором имеет место разрушение ткани (при одинаковом времени воздействия излучения), приблизительно пропорционален весу ткани, приходящемуся на единицу площади. Ткань с умеренным содержанием влаги ведет себя так же, как сухая ткань, но, если содержание влаги в материале достаточно большое, для его повреждения потребуется больше световой энергии.

7.40. Хотя действие светового излучения тщательно изучалось на многих видах тканей, сделать обобщенные выводы на основе полученных результатов трудно в силу многих переменных величин, оказывающих значительное влияние на эффективность поражающего действия светового излучения. Тем не менее в таблице 7.40 сделана попытка показать величину светового импульса, при котором наблюдается воспламенение различных тканей вследствие поглощения ими светового излучения. Величины выражены в грамм-калориях световой энергии, падающей на 1 см^2 площади материала. В таблице приведены данные для взрывов общей мощностью в 20 и 10 000 килотонн. Следует отметить, что по причинам, изложенным в п. 7.35, количества энергии во втором случае (мощность 10 000 килотонн) больше.

7.41. Древесина под воздействием светового излучения обугливается, причем глубина этого обугливания почти пропорциональна количеству поглощенной энергии. При достаточно больших количествах энергии, приходящейся на единицу площади, древесина, находящаяся в больших массах, может временно воспламениться, однако стойкое горение в данном случае невозможно. Тем не менее появившееся на короткое время пламя может переброситься

Таблица 7.40

Величина светового импульса, при котором наблюдается воспламенение тканей (при взрывах мощностью 20 и 10 000 кт)

Материал	Вес 1 м² (г)	Количество световой энергии, вызывающее воспламенение (кал/см²)	
		20 кт	10 000 кт
Тафта из ацетатной вискозы (вишневая)	100	2	3
Хлопчато-бумажная синель, постельное покрывало (светло-синее)	—	4	8
Ткань, пропитанная аэролаком, алюминизированный ацетат целлюлозы	—	18	35
Хлопчатобумажный муслин, промасленные оконные шторы (зеленые)	270	5	11
Хлопчатобумажная парусина для тентов (зеленая)	400	5	9
Хлопчатобумажная грубая ткань (коричневая)	270	6	11
Вискозная подкладочная ткань (саржа черная)	100	1	2
Хлопчатобумажные шторы, грязные (белые)	—	7	12
Хлопчатобумажные простыни, беленые, стираные (кремовые)	100	15	30
Вискозная бельевая ткань (саржа бежевая)	100	8	16
Вискозный габардин (черный)	200	3	6
Хлопчатобумажная ткань для рубашек (коричневая)	170	7	13
Хлопчатобумажная спецодежда, поношенная (синяя)	340	8	13
Хлопчатобумажные и вискозные чехлы для сидений в автомобилях (темно-синие)	300	8	13
Ацетатный шантунг (черный)	100	9	15
Драпировка из ацетатного шелка (вишневая)	170	9	16
Занавеси из вискозного маркизета (цвета слоновой кости)	70	9	14
Спецодежда новая из хлопчатобумажной ткани, стираная (синяя)	340	9	14
Хлопчатобумажная обивка сидений автомобиля (зеленая, коричневая и белая)	340	9	16
Вискозный габардин (золотистый)	240	9	20
Хлопчатобумажная тесьма для штор (белая)	—	16	30
Шерстяная фланель новая (черная)	240	8	16
Хлопчатобумажный обивочный материал плотный (коричневых тонов)	400	16	30

Продолжение

Материал	Вес 1 м² (г)	Количество световой энергии, вызывающее воспламенение (кал/см²)	
		20 кт	10 000 кт
Обивочный материал для автомобилей с хлопчатобумажной основой и шерстяным покрытием (серый)	440	16*	35*
Шерстяной грубый ковер (серый)	240	16*	35*
Обивка для стульев из ворсистой шерсти (вишневая)	540	16*	35*
Обивочный материал для стульев из грубой шерстяной ворсистой байки (светло-коричневый)	480	16*	35*
Нейлоновый трикотаж (коричневый)		5*	10*
Хлопчатобумажная ткань для матрацев (серая)	—	8	16
Холст плотный (коричневый)	600	8	16
Прорезиненный брезент для верха автомобиля (серый)	680	16*	28*

* В этих случаях указанные величины светового импульса не вызывали устойчивого горения материала.

на находящиеся рядом другие возгораемые материалы, которые не подверглись непосредственному воздействию светового излучения. Если древесина находится в виде опилок или стружки, то она под воздействием светового излучения ядерного взрыва может довольно легко воспламениться.

7.42. Грубо говоря, световые импульсы излучения, вызывающие обугливание непокрашенной и не обработанной какими-нибудь веществами древесины, коры сосны, ели, красного дерева и клена, составляют примерно 10—15 кал/см². Древесина, окрашенная в черный цвет, обугливается сильнее; однако покраска древесины в светлые цвета и покрытие ее лаком оказывают защитное действие [1].

7.43. Стекло имеет очень высокую стойкость к воздействию тепла, однако оно является хрупким, в силу чего его иногда заменяют прозрачными или полупрозрачными пластмассами. В некоторых случаях, чтобы сделать стекло более прочным, слой из стекла соединяют со слоем из пластмассы, подобно тому как это делается при изготовлении автомобильных ветровых стекол. Эти пластмассы изготовляются из органических соединений и под воздействием тепла легко разлагаются. Однако бакелит, ацетат, целлюлоза, люсит, плексиглас, полиэтилен и тефлон весьма стойки к воз-

[1] Энергия светового излучения, падающая на фасад дома, указанного в п. 7.33, равнялась примерно 25 кал/см².

действию светового излучения. Величина светового импульса, при котором происходит оплавление или потемнение этих материалов, составляет по крайней мере 60—70 кал/см².

Величина светового импульса, при котором наблюдается воспламенение различных материалов

7.44. В связи с вопросом о возникновении пожаров большой интерес представляет величина светового импульса, при котором наблюдается воспламенение различных материалов.

Таблица 7.44

Приблизительная величина светового импульса, при котором наблюдается воспламенение возгораемых материалов домашнего обихода и материалов, находящихся в сухом лесу

Материал	Вес 1 м² (г)	Количество энергии (кал/см²)	
		20 кт	10 000 кт
Швабра (серая)	—	3	5
Обрывки газетной бумаги	70	2	4
Бумага крепованная (зеленая)	95	4	8
Отдельный газетный лист	70	3	6
Газеты (в пачке, поверхность открыта)	—	3	6
Газеты мятые, подвергавшиеся атмосферным влияниям	95	3	6
Газеты мятые	70	4	8
Хлопчатобумажный обтирочный материал (маслянисто-серый)	—	5	8
Бумага писчая, новая (белая)	70	15	30
Отдельный лист оберточной бумаги (коричневый)	70	7	14
Спички в бумажной обложке (голубые, головки открытые)	—	5	9
Хлопчатобумажные концы для вытирания (серые)	—	6	10
Целлюлозная губка, новая (розовая)	1300	6	10
Хлопчатобумажные концы веревки, подвергшиеся воздействию погоды (кремовые)	—	7	13
Картон бристольский, трехслойный (темный)	340	8	15
То же (белый)	340	12	25
Крафт-картон, бывший в употреблении (коричневый)	540	8	15
Крафт-картон использованный, гофрированные концы открыты (коричневый)	—	12	25
Веник (желтый)	—	8	17
Сосновая стружка (светло-желтая)	—	5	12
Жесткая щетка из волокна «тампико» (грязно-желтая)	—	10	20

Продолжение

Материал	Вес 1 м² (г)	Количество энергии (кал/см²)	
		20 кт	10 000 кт
Жесткая щетка из волокон «пальмето», бывшая в употреблении, ржавого цвета	—	12	25
Бумажная ткань для чехлов на сиденья в автомобиле, бывшая в употреблении (многоцветная)	450	12	25
Кожа тонкая, коричневая	210	15*	30*
Виниловый пластик для покрытия сидений в автомашине	340	16*	27*
Плетение из соломы, старое, желтое	450	16*	33*
Сухая гнилая древесина		4	9
Мелкая мягкая трава		5	10
Опавшие листья		6	12
Иглы белой сосны		6	14
Крупная грубая трава		7	16
Иглы ели		8	17
Иглы сосны (коричневые)		8	18

* Под воздействием светового импульса указанной величины стойкое горение не происходит.

Изучение этого вопроса проводилось как в лабораторных условиях, так и при испытаниях ядерного оружия. Результаты изучения не являются окончательными, но они дают возможность сделать общий вывод о величине светового импульса, необходимой для того, чтобы вызвать воспламенение того или иного материала. Данные, приведенные в таблице 7.44, относятся к предметам домашнего обихода и к материалам, воспламенение которых может вызвать пожары в лесу. Вблизи многих зданий обычно имеются материалы, способные воспламеняться под воздействием светового импульса в 3 кал/см². Любые тканевые изделия домашнего обихода, как правило, воспламеняются от воздействия светового импульса в 10 кал/см².

7.45. Энергия светового излучения, необходимого для воспламенения горючих материалов, находящихся в лесу, в значительной степени зависит от количества влаги, содержащейся в этих материалах. При составлении таблицы 7.44 было принято, что листья и трава являются достаточно сухими, поэтому величина светового импульса, вызывающего их воспламенение, характеризуется минимальными величинами. При наличии сухих горючих материалов в лесу световое излучение может вызвать пожары. Эти пожары затем могут воспламенить материалы, которые содержат большее количество влаги, но которые не могли быть воспламенены непосредственно от светового излучения.

Зависимость величины светового импульса от расстояния

7.46. Для использования данных таблиц 7.40 и 7.44 с целью определения расстояния от центра взрыва (при заданной мощности ядерного взрыва), на котором будет происходить воспламе-

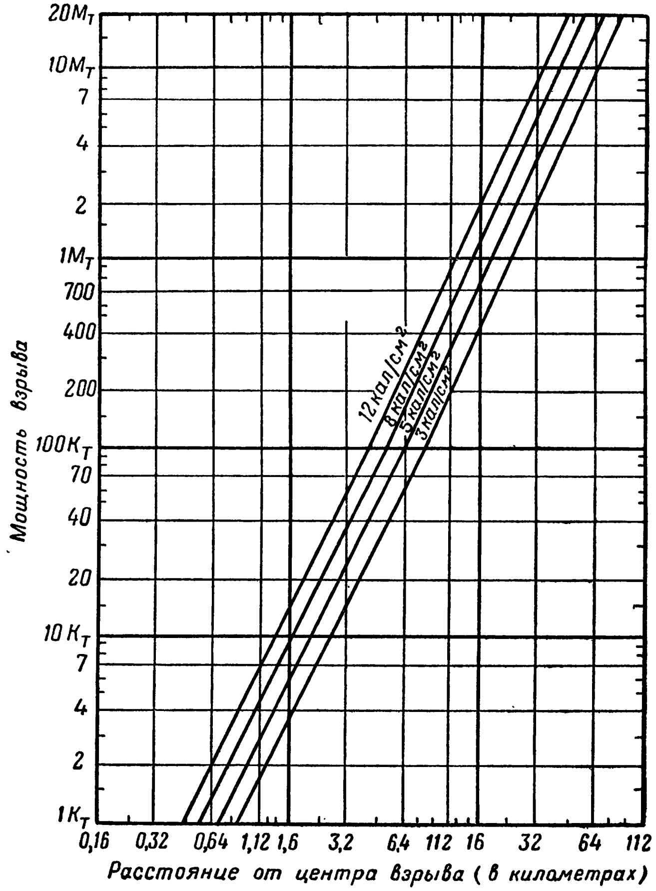


Рис. 7.46. Расстояния, на которых наблюдаются определенные величины светового импульса (в зависимости от мощности взрыва)

нение того или иного материала, необходимо установить зависимость величины светового импульса от расстояния. График такой зависимости показан на рис. 7.46. При этом считается, что взрывы производятся в достаточно прозрачной атмосфере, т. е. при дальности видимости в 16 км и более.

7.47. Предположим, что необходимо определить расстояние, на котором можно ожидать возникновение пожаров под воздействием энергии светового излучения воздушного ядерного взрыва мощностью в 1000 килотонн. Из таблицы 7.44 можно вывести, что средняя величина светового импульса, необходимого для воспламенения обычных возгораемых материалов, составляет 5 кал/см². Далее, отыскав на вертикальной оси рис. 7.46 точку, соответствующую мощности взрыва в 1 мегатонну, проводим из этой точки горизонтальную линию до пересечения с линией, соответствующей величине светового импульса в 5 кал/см². Полученная точка, как видно из графика, соответствует расстоянию в 17,6 км от центра взрыва, и, следовательно, на этом расстоянии могут возникать пожары в результате непосредственного поглощения энергии светового излучения. В том случае, когда атмосфера недостаточно прозрачна, или при наземном (надводном) взрыве расстояния могут быть меньше полученных из графика 7.46. Эти расстояния также будут меньше при наличии слоя облаков или дыма между объектом и центром взрыва.

Воздействие светового излучения на различные материалы во время ядерных взрывов в Японии

7.48. Помимо воспламенения материалов, приводившего к возникновению пожаров, о чем дополнительно будет сказано ниже, в Японии наблюдались и другие явления, свидетельствовавшие

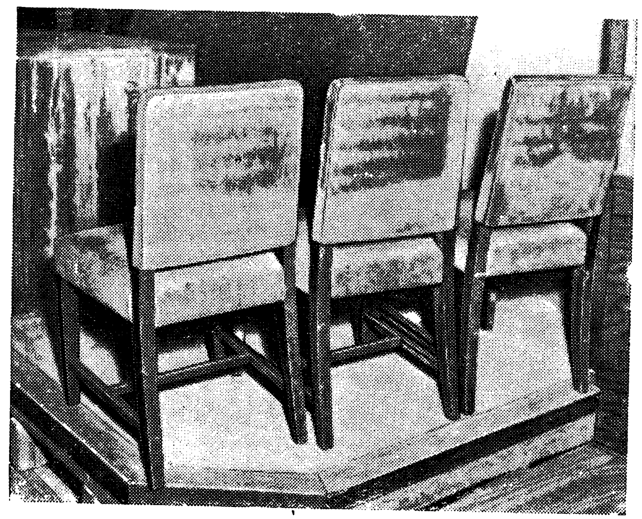


Рис. 7.48а. Обугливание материала обивки мягкой мебели в результате действия светового излучения, прошедшего через окно здания при взрыве в Хиросиме (1600 м от эпицентра взрыва)

об очень сильном нагревании материалов в результате поглощения энергии светового излучения. Ткани (рис. 7.48а), деревянные столбы (рис. 7.48б), а также деревья, находившиеся в радиусе до

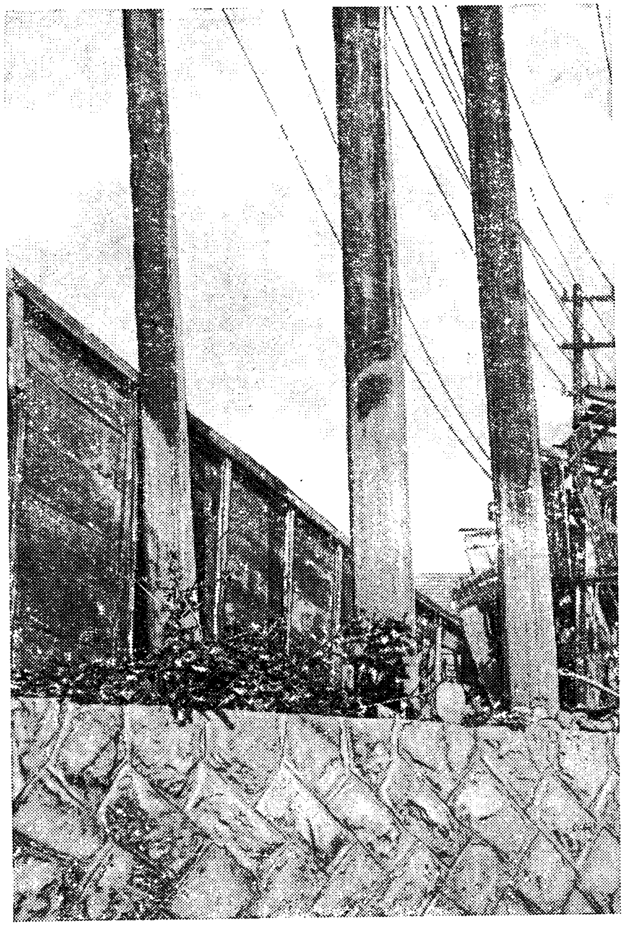


Рис. 7.48б. Обугливание поверхности деревянных столбов в результате действия светового излучения при ядерном взрыве в Нагасаки (2700 м от эпицентра взрыва). Нижние части столбов оказались необугленными вследствие защитного действия стены

3300 м от эпицентра взрыва в Нагасаки и до 2700 м в Хиросиме (3—4 кал/см^2), если не уничтожались пожарами, то подвергались, как правило, обугливанию со стороны, обращенной к месту взрыва. В тех местах, где здания, отдельные стены, холмы и прочее служили защитой, признаков поражающего воздействия светового излучения не обнаружилось.

7.49. Интересный случай экранирующего действия преграды был зарегистрирован в Нагасаки. Верхушки и верхняя часть ряда деревянных столбов сильно обуглились, однако обугленный участок был резко отграничен тенью, которую создавала стена. Сама стена была полностью разрушена ударной волной, действие которой проявилось уже после светового излучения.

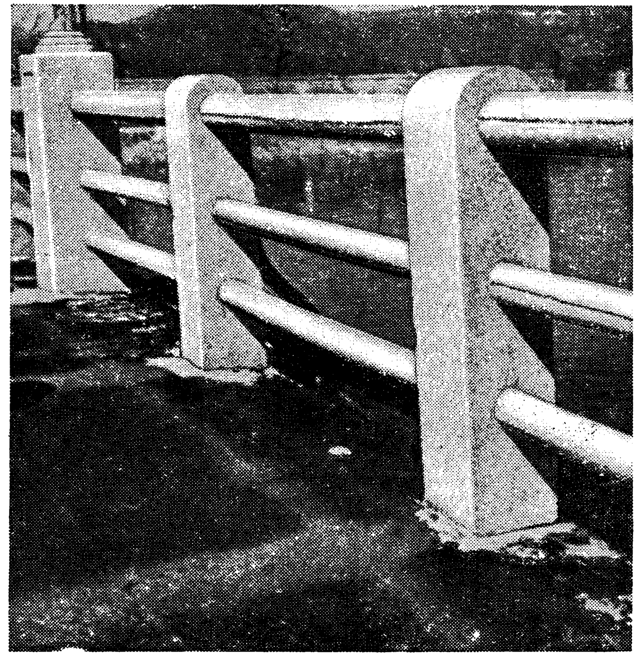


Рис. 7.50а. Потемнение асфальтированного покрытия на мосту в Хиросиме под действием светового излучения. Места, оставшиеся светлыми, были защищены перилами моста. Длина и направление «теней» указывают место взрыва

7.50. Наблюдения за тенями, образовавшимися в результате экранирования отдельных участков поверхности некоторыми предметами, находившимися под непосредственным воздействием светового излучения (рис. 7.50а и 7.50б), позволили довольно точно определить направление на центр взрыва, а изучение таких теней в различных пунктах вокруг места взрыва дало возможность установить центр взрыва. Иногда четко выраженные полутени давали возможность определить диаметр огненного шара в момент максимального светового излучения.

7.51. Одним из поразительных примеров воздействия светового излучения было то, что в местах прямого воздействия светового излучения полированный гранит становился шероховатым. Это объяснялось неравномерным расширением кристаллов, из которых состоит гранит. Установлено, что для того чтобы вызвать такой эффект, температура должна была быть по меньшей мере 600° С. По изменению поверхности гранита и глубине ее шероховатости можно было определить глубину слоя с повышенной тем-

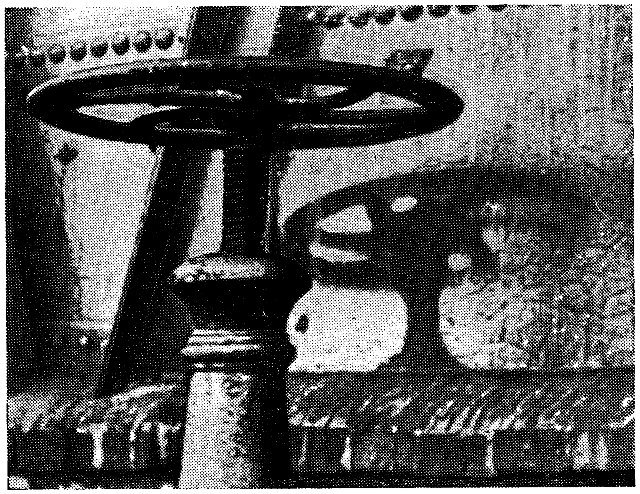


Рис. 7.50б. Краска на газгольдере под воздействием светового излучения при взрыве в Хиросиме выгорела; исключение составляют участки, защищенные вентилем (2100 м от эпицентра взрыва)

пературой. Подобные наблюдения были использованы для определения максимальной температуры на поверхности земли в момент ядерного взрыва. Как отмечалось в п. 7.31, эта температура была исключительно высока, особенно в районе эпицентра взрыва.

7.52. Другим примером воздействия светового излучения, оказавшимся весьма ценным для последующих исследований, было образование пузырей на темно-зеленой (почти черной) пористой поверхности черепицы, широко используемой в Японии как кровельный материал (рис. 7.52). Это явление было зафиксировано на расстоянии до 1200 м от центра взрыва (величина светового импульса составляла примерно 40 кал/см^2). Размеры пузырей и их количество увеличивались по мере приближения к месту взрыва. Кроме того, их характер изменялся также в зависимости от угла наклона черепицы. При испытании такой же неповрежденной черепицы в лабораторных условиях было установлено, что



Рис. 7.52. Образование пузырей на поверхности кровельной черепицы в результате воздействия светового излучения при взрыве в Хиросиме. Левая часть черепицы была защищена перекрывающей черепицей (600 м от эпицентра взрыва)

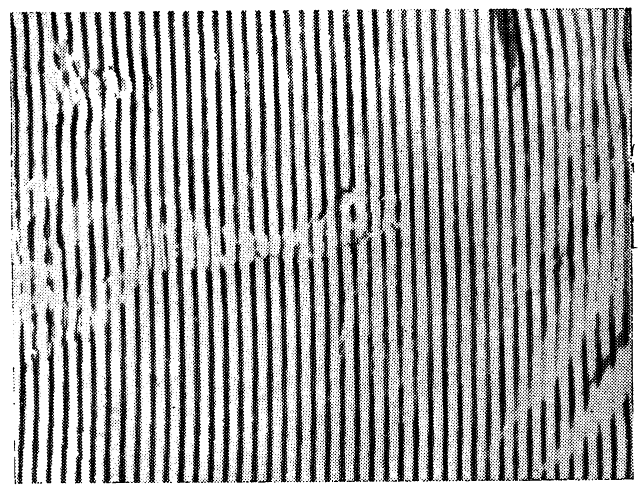


Рис. 7.53. Светлые участки ткани не получили повреждений, темные полосы в результате воздействия светового излучения частично обуглились

такие же пузыри образуются в течение 4 секунд при температуре 1800° С, хотя при этом глубина воздействия светового излучения на черепицу была больше, нежели в Японии. На основании полученного результата испытаний было установлено, что при ядерном взрыве черепица подверглась воздействию температуры более 1800° С в течение периода менее 4 секунд.

7.53. Значительный интерес также представляет разница в воздействии светового излучения на светлые и темные ткани при ядерных взрывах в Японии. Светлые ткани либо отражают, либо пропускают сквозь себя большую часть падающего на них светового излучения. Как следствие, они не нагреваются до таких высоких температур и не подвергаются таким разрушениям, каким подвергаются темные ткани, поглощающие большую часть излучения. В одном случае, например на полосатой мужской рубашке, темные полосы выгорели, в то время как светлые остались неповрежденными (рис. 7.53). Точно так же лист бумаги, исписанный черными чернилами, подвергшийся воздействию светового излучения (5 кал/см^2) на расстоянии 2400 м от эпицентра взрыва, выгорел в тех местах, на которых были чернила, в то время как остальная часть бумаги почти не пострадала.

ВОСПЛАМЕНЯЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ

Возникновение пожаров

7.54. Пожары при ядерном взрыве возникают в основном по двум причинам. Во-первых, вследствие воспламенения целого ряда материалов, таких, как бумага, мусор, оконные занавеси, тенты над окнами, сухая трава, листья, стружки и т. п., происходящего в результате непосредственного поглощения ими светового излучения. Во-вторых, вследствие вызываемых ударной волной разрушений: разрушения печей, короткого замыкания электросетей и повреждения газовых линий. Независимо от причины возникновения пожара дальнейшее его распространение определяется количеством и распределением горючих материалов, находящихся вблизи очага пожара. Таким образом, распространение пожаров, сопровождающих ядерный взрыв, зависит от двух факторов: 1) количества очагов пожара и 2) характера района, в котором возникли эти очаги.

7.55. Условия возникновения вторичных (косвенных) пожаров проанализировать трудно, однако имеются некоторые особенности, характерные для пожаров, возникающих под непосредственным воздействием светового излучения, которые в достаточной мере ясны. Наиболее важным фактором является так называемая плотность очагов воспламенения, т. е. количество пунктов на единицу площади, в которых могут находиться возгораемые материалы, аналогичные тем, о которых говорилось в предыдущем параграфе. Вообще говоря, такие материалы могут загореться только

в том случае, если они окажутся под воздействием светового импульса в 3—5 кал/см^2. Данные, приведенные на рис. 7.55, получены на основе изучения структуры ряда крупных городов США. Из этих данных видно, что наибольшее количество точек, в которых происходит воспламенение различных материалов, находится в районах оптовой торговли и в районах трущоб, а наименьшее — в хороших жилых кварталах или крупных промышленных районах. Во всех районах наиболее распространенным, легко возгораемым материалом является бумага; исключением являются районы с магазинами розничной торговли, где основным источником пожаров являются парусиновые надоконные тенты.

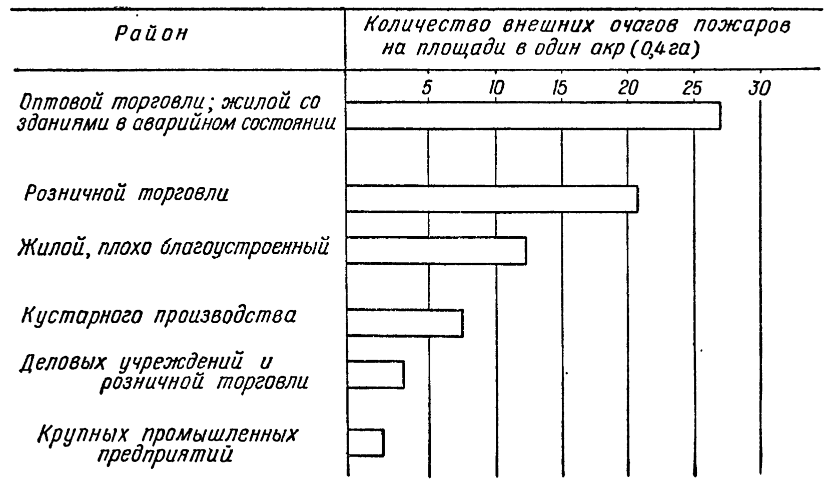


Рис. 7.55. Возможное количество внешних очагов пожаров для различных районов города

7.56. Плотность точек возможного воспламенения позволяет судить о вероятности возникновения пожаров в данном районе при идеальных условиях погоды. Однако результаты, приведенные на рис. 7.55, сами по себе не являются достаточными для подсчета количества крупных пожаров, которые фактически могут возникнуть при ядерном взрыве. В районе эпицентра взрыва, где величина светового импульса превышает 12 кал/см^2, почти все горючие материалы будут охвачены пламенем (таблица 7.44). На больших расстояниях от места взрыва загораться будут лишь те материалы, которые легко воспламеняются. Кроме того, чтобы возник крупный очаг пожара, способный к дальнейшему распространению, требуется наличие поблизости от этого очага большого количества горючего материала, что не всегда имеет место.

7.57. Скопление возгораемого мусора вблизи деревянной постройки представляет собой реальную угрозу возникновения пожара, что было подтверждено при ядерных испытаниях в штате

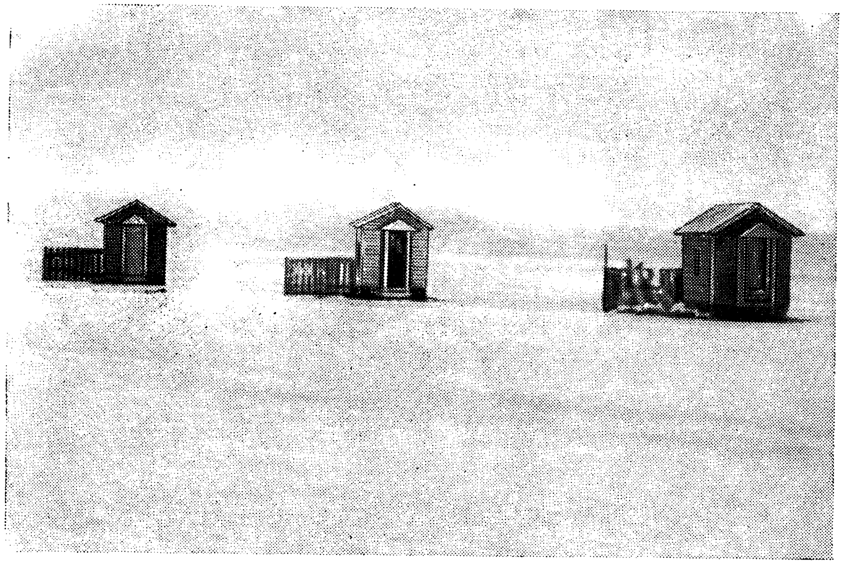


Рис. 7.57. Деревянные дома до ядерного взрыва на полигоне в штате Невада в 1953 г.

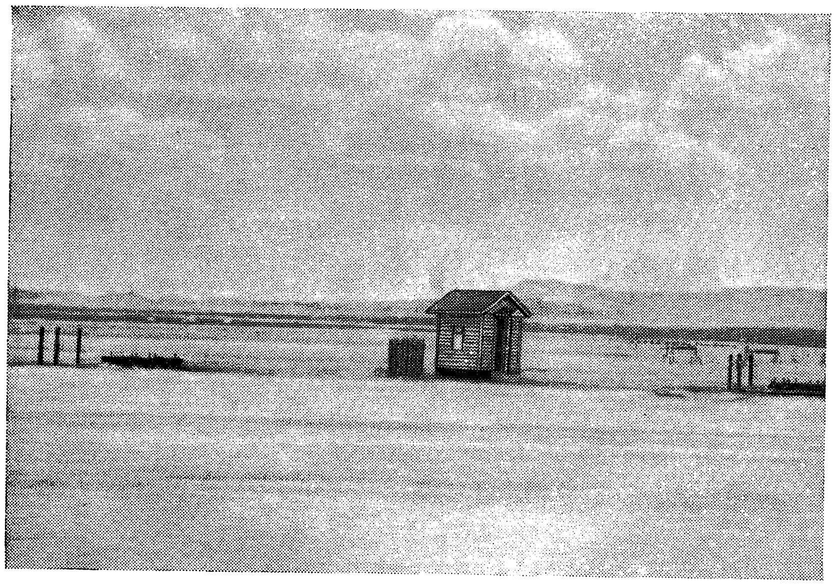


Рис. 7.58. Деревянные дома после ядерного взрыва на полигоне в штате Невада в 1953 г.

Невада в 1953 году. Во время этих испытаний три небольших деревянных дома, каждый из которых имел двор, окруженный деревянным забором, подверглись воздействию светового импульса в 12 кал/см^2. Один дом (слева на рис. 7.57) имел обшивку из ветхих досок, но на дворе не было мусора; двор соседнего дома также был чистым, но обшивка этого дома была в хорошем состоянии и покрашена. У третьего дома (на рисунке справа) обшивка была в плохом состоянии и во дворе имелось много мусора.

7.58. Состояние этих трех домов после ядерного взрыва показано на рис. 7.58. Третий дом (справа) вскоре после взрыва был охвачен пламенем и сгорел до основания. Первый дом (слева) загорелся, но целиком был охвачен пламенем только через 15 минут. Дом, находившийся в хорошем состоянии (на рисунке в центре), с чистым двором, был лишь частично поврежден действием светового излучения. Интересно отметить, что дерево нового, окрашенного в белый цвет дома, подвергнутого воздействию светового импульса в 25 кал/см^2, сильно обуглилось, но не загорелось (рис. 7.33б).

7.59. В ходе испытаний подтвердилось большое значение огнестойких материалов, применяемых для внутренней отделки домов, для уменьшения числа очагов. Во время испытаний два одинаковых по прочности дома (каждый из них имел окно размером $1{,}2 \times 1{,}8$ м, обращенное в сторону взрыва) подверглись воздействию светового импульса в 17 кал/см^2. В одном доме внутренние стены были обиты искусственным шелком, на полу были хлопчатобумажные коврики, а на окнах занавески. Как ожидалось, пламя охватило этот дом сразу после взрыва, и он сгорел полностью. В другом доме для обивки стен была употреблена виниловая пластмасса, а коврики и занавески были шерстяные. Хотя огонь вспыхнул во многих местах, однако пожарная группа, вошедшая в дом через час, сумела ликвидировать пожар.

7.60. Следует остановиться еще на одном вопросе в связи с проблемой возникновения пожаров под воздействием светового излучения. Речь идет о том, возможно ли тушение пламени, появившегося от воздействия светового излучения, ударной волной ядерного взрыва. В начале предполагалось, что некоторые наблюдавшиеся в Японии факты дают положительный ответ на этот вопрос, однако такие случаи были исключительно редки. При изучении этого вопроса использовались как результаты ядерных взрывов в Японии, так и данные различных ядерных испытаний, и общим выводом было, что воздушная ударная волна пламени почти не сбивает.

Распространение пожаров

7.61. Распространение пожаров в городе зависит от многих факторов: от условий погоды, характера местности, плотности застройки и огнестойкости конструкций зданий. Однако детальное

изучение крупных пожаров показало, что при всех прочих одинаковых условиях наиболее важным для распространения пожаров в данном районе является расстояние между зданиями. Из общего рассмотрения этого вопроса следует, что вероятность распространения огня от одной постройки к другой тем меньше, чем меньше плотность застройки данного района, а чем больше расстояние между зданиями, тем легче ликвидировать пожар.

7.62. Кривая, показанная на рис. 7.62, дает примерное представление об изменении вероятности распространения огня, выраженной в процентах, в зависимости от расстояния между зданиями в городе. На эту зависимость оказывают влияние типы построек

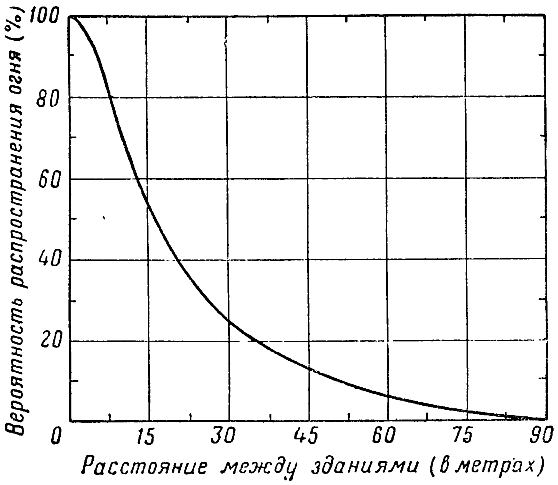


Рис. 7.62. Вероятность распространения пожаров в городе в зависимости от расстояния между зданиями

(их огнестойкость), а также размеры разрушений, вызванных ударной волной. Следует отметить, что данные, приведенные на рис. 7.62, относятся к случаю, когда в результате непосредственного воздействия светового излучения и других косвенных причин возникает большое количество небольших очагов огня.

7.63. Другим аспектом распространения пожаров является возникновение больших лесных пожаров главным образом в результате воспламенения сухих листьев, травы и сухого гнилого дерева под воздействием светового излучения. К числу факторов, влияющих на развитие таких пожаров, относятся: количество влаги, содержащейся в деревьях, топографические и метеорологические условия. Небольшая влажность в атмосфере, сильный ветер и ровная местность способствуют развитию лесных пожаров. Как правило, лиственный лес, в особенности когда деревья имеют листья, будет загораться не так быстро и гореть будет с меньшей интенсивностью, чем хвойный лес. Зеленые листья и стволы деревьев в какой-то мере защищают от светового излучения, поэтому количество очагов пожара в лесу будет даже меньше, чем это может показаться на первый взгляд.

ВОСПЛАМЕНЯЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ В ЯПОНИИ

Ядерный взрыв как источник пожаров

7.64. Зажигательное действие ядерного взрыва не имеет каких-либо особых характерных черт. В принципе, с точки зрения характера разрушений, вызываемых огнем и ударной волной, тот же самый общий результат может быть достигнут при применении обычных зажигательных и фугасных бомб. Подсчитано, например, что ущерб, причиненный в Хиросиме пожарами, можно было бы получить, сбросив на город около 1000 т зажигательных бомб, распределенных по всему городу. Однако ясно, что, поскольку разрушение города было вызвано действием единственного ядерного взрыва мощностью, всего лишь в 20 килотонн, ядерный взрыв способен причинять огромные разрушения огнем, как и ударной волной.

7.65. На основании изучения результатов взрывов в Японии было установлено, что разрушения, связанные с пожарами, зависят от характера местности и метеорологических условий больше, нежели разрушения, вызываемые ударной волной. Как в Хиросиме, так и в Нагасаки радиусы зон разрушений, вызванных действием ударной волны, были примерно одинаковыми. Однако радиусы зон, в которых проявлялось воспламеняющее действие светового излучения, были совершенно разные. Величина общей площади, сильно пострадавшей от огня в Хиросиме (около 11,4 км²), была примерно в четыре раза больше, чем в Нагасаки. Одна из причин этого заключалась в том, что местность в районе Нагасаки была более холмистой, чем в районе Хиросимы. Важным фактором является различие в характере местности и связанной с ним плотности застройки: Хиросима находится на относительно ровной местности, и плотность застройки в этом городе очень высокая, в то время как в Нагасаки в районе эпицентра взрыва местность была холмистая, с малым количеством построек.

Возникновение и распространение пожаров в Японии

7.66. Результатами наблюдений в Японии было установлено, что под воздействием светового излучения тонкая хлопчатобумажная ткань темного цвета, употреблявшаяся для затемнения окон в военное время, тонкая бумага и сухое гнилое дерево воспламенялись на расстоянии до 1000 м от эпицентра. Количество световой

энергии на этом расстоянии составляло около 35 кал/см². Сообщалось о неожиданном воспламенении крыши дома, находившегося на большем расстоянии, однако это сообщение не получило

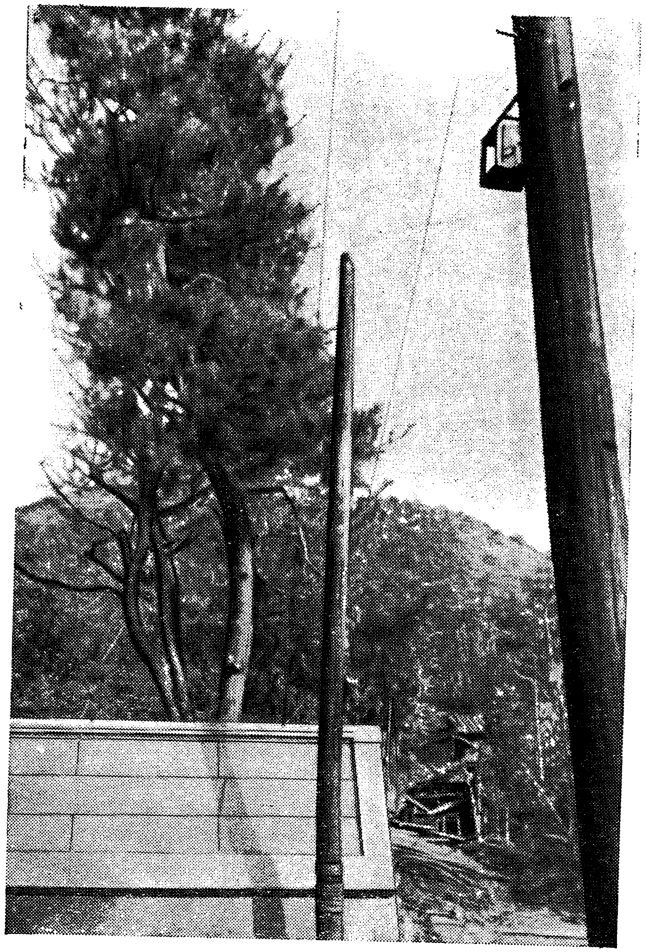


Рис. 7.66. Верхняя часть деревянного столба под действием светового излучения при взрыве в Хиросиме сгорела (2000 м от эпицентра взрыва). Другие объекты в непосредственной близости от столба не пострадали

точного подтверждения. Возможно, что в отдельных местах причиной возникновения пожаров было увеличение светового импульса в результате отражения, рассеяния и фокусирования (рис. 7.66).

7.67. Интересный случай воспламенения прочного дерева был зарегистрирован в Нагасаки, где упаковочный ящик из прочных

досок, находившийся на расстоянии примерно 1,6 км от эпицентра взрыва, подвергся воздействию светового импульса в 15 кал/см². Сторона ящика, обращенная к месту взрыва, обуглилась. Однако почернение было отмечено также и в щелях, в отверстиях для гвоздей, а также в других местах, куда световое излучение не проникало. Это, вероятно, можно объяснить тем, что поверхность ящика под воздействием светового излучения воспламенилась и

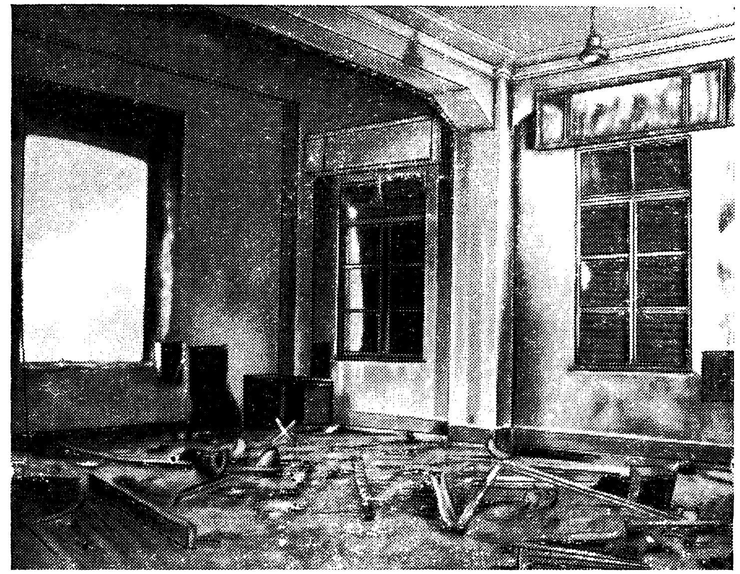


Рис. 7.70. Металлические жалюзи в результате действия ударной волны при взрыве в Хиросиме (около 900 м от эпицентра взрыва) были сорваны и отброшены внутрь помещения либо повреждены

пламя проникло в трещины, отверстия и другие места и поддерживалось там в течение нескольких секунд, после чего оно было потушено ударной волной.

7.68. На основе наблюдений над обугливанием древесины в Хиросиме и Нагасаки первоначально был сделан вывод о том, что древесина под действием светового излучения воспламеняется, а затем огонь тушится ударной волной. Однако в настоящее время кажется более вероятным, что, за исключением некоторых особых случаев, древесина, как правило, не воспламеняется. Поглощение световой энергии приводило к обугливанию здоровой древесины, однако температура обычно оказывалась недостаточно высокой для ее воспламенения. Что касается гнилой древесины и стружки, то они полностью сгорали, и ударная волна в этих случаях большого влияния на пламя не оказывала.

7.69. Очень трудно установить, в какой мере действие светового излучения являлось причиной возникновения пожаров при ядерных взрывах в Японии. Вполне возможно, что на расстоянии 1,6 км от эпицентра взрыва пожары могли возникать и от вторичных причин, таких, как опрокидывание печей, короткое замыкание электросетей, повреждение газопроводов и т. д., что являлось прямым следствием воздействия ударной волны. Некоторые пожары на промышленных предприятиях возникали из-за опрокидывания производственных печей и котлов или в результате того, что стены и перекрытия зданий под воздействием ударной волны обрушивались на них.

7.70. Распространению возникших пожаров способствовал ряд факторов, непосредственно связанных с разрушениями, вызываемыми ядерным взрывом. Вследствие того что действие ударной волны вызвало разрушение окон, выбивание или повреждение металлических жалюзи, срывание крыш и стеновых панелей, а также обрушивание стен и крыш, здания становились более уязвимыми для огня (рис. 7.70). Распространение огня внутри огнестойких строений во многих случаях облегчалось разрушением лестниц, лифтов, противопожарных перегородок, а также разрушениями и обвалами междуэтажных перекрытий и перегородок (рис. 5.89г).

7.71. С другой стороны, каркасы строений из воспламеняющихся материалов в разрушенном состоянии сгорали медленнее, нежели когда они оставались целыми. Обломки огнестойких материалов во многих случаях закрывали горючие материалы и препятствовали их горению. Поэтому трудно сказать, способствовало или препятствовало действие ударной волны в целом распространению пожаров в Хиросиме и Нагасаки.

7.72. Хотя в японских городах имелись препятствия для распространения огня, как естественные (реки, открытые пространства), так и искусственные (дороги и незастроенные участки), они оказывались малоэффективными. Причина заключалась в том, что пожары очень часто возникали одновременно по обе стороны дороги или реки и поэтому последние, по существу, не играли своей противопожарной роли. Кроме того, горевшие материалы в результате действия ударной волны часто перебрасывались через эти препятствия (открытые пространства, такие, как улицы, дворы и т. д.), и поэтому последние не могли препятствовать распространению огня. Тем не менее было зарегистрировано несколько случаев, когда эти препятствия мешали распространению пожаров.

7.73. Одной из важных особенностей применения ядерного оружия в Японии было то, что в том большом районе, который подвергся действию ударной волны, вся пожарная служба была фактически выведена из строя. Правда, с точки зрения американских требований организация пожарной службы и качество противопожарной техники были плохими, однако пожарная служба вряд ли могла бы сделать больше, даже если бы качество пожарных

команд было лучше. В Хиросиме, например, в результате разрушений пожарных депо было выведено из строя 70% противопожарного оборудования и около 80% личного состава оказалось не в состоянии принять участие в тушении пожаров. Даже в том случае, если бы люди и машины не пострадали от действия ударной волны, они все равно не смогли бы ничего сделать: к очагам пожаров нельзя было приблизиться, из-за того что улицы были завалены обломками. По этой причине, а также ввиду опасности быть заваленными пожарные команды в уцелевших районах Нагасаки не были в состоянии приблизиться к эпицентру взрыва ближе чем на 2000 м. Поэтому почти все здания, находившиеся в этой зоне, были уничтожены.

7.74. Другим фактором, который привел к увеличению разрушений, вызванных пожарами, как в Хиросиме, так и в Нагасаки, был выход из строя системы водоснабжения. Насосные станции сильно не пострадали, однако серьезно были повреждены магистральные и распределительные трубопроводы, в результате чего произошла утечка воды и снизилось ее давление. Большая часть водопроводных линий, проложенных в зданиях, была повреждена обломками разрушенных зданий, и также вышла из строя вследствие расплавления труб под воздействием огня. Некоторые проложенные под землей водопроводные магистрали были выведены из строя, а другие оказались разрушенными из-за обвалов или деформации мостов, по которым они были проложены (п. 5.117).

Огненный шторм в Хиросиме

7.75. Примерно через 20 минут после ядерного взрыва в Хиросиме наблюдалось явление, известное под названием «огненный шторм». Это явление представляет собой совокупность воздушных потоков (ветров), двигавшихся с большой скоростью со всех сторон к горевшему району города. Скорость этих ветров достигала 50—65 км/час и оставалась на таком уровне в течение 2—3 часов после взрыва; затем примерно через 6 часов эта скорость уменьшилась до величины, соответствующей слабому или умеренному ветру. Ветер сопровождался перемежающимся дождем, небольшим над центром города и более сильным примерно на расстоянии 1100—1500 м к северу и западу от него. Поскольку сильные потоки воздуха в приземном слое были направлены к центру пожара, огненный шторм явился решающим фактором, ограничившим зону распространения пожара за пределы площади, первоначально охваченной огнем. Этим, собственно, и объясняется тот факт, что радиус выгоревшего в Хиросиме района был во всех направлениях примерно одинаковый и ненамного превышал тот радиус, в пределах которого появились пожары вскоре после взрыва. Однако отмечается, что в результате действия огненного шторма все находившиеся в этом районе возгораемые материалы были в конечном счете уничтожены огнем.

7.76. Необходимо отметить, что огненный шторм отнюдь не является характерной особенностью, присущей ядерному взрыву. Такие же огненные штормы имели место при больших лесных пожарах в США и особенно в Германии и Японии в годы второй мировой войны после воздушных налетов, во время которых сбрасывались зажигательные бомбы. Сильный ветер, направленный к центру пожара, является результатом тяги воздуха над горящим районом. Эта тяга представляет собой направленные вверх потоки сильно нагретого воздуха и отличается от обычной тяги в дымовой трубе только гораздо большей силой. Дождь, сопровождавший огненный шторм, нужно полагать, являлся следствием конденсации влаги на твердых частицах, поднимавшихся из огня при их попадании в область более холодного воздуха.

7.77. Образование огненного шторма зависит от условий, существующих в данном районе во время возникновения пожара. Так, например, в Нагасаки огненного шторма не было, хотя спустя некоторое время после начала пожара скорость юго-западного ветра между холмами возросла до 55 км/час, причем ветер такой силы дул в течение двух часов после взрыва. Примерно через 7 часов после взрыва направление ветра изменилось на восточное, а скорость его уменьшилась до 15—25 км/час. Такой характер ветров, несомненно, ограничивал распространение огня в направлениях, с которых эти ветры дули. Количество построек, оказавшихся в зоне огня в длинной узкой лощине, проходящей через Нагасаки, по-видимому, было недостаточным для возникновения огненного шторма. В Хиросиме же, ввиду того что на ровной местности находилось много зданий, условия для образования огненного шторма оказались благоприятными.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ДЕЙСТВИЯ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Распределение и поглощение энергии, излучаемой огненным шаром

7.78. Произведенное во время испытаний спектроскопическое исследование показало, что огненный шар ведет себя не совсем так как абсолютно черное тело, т. е. как совершенный излучатель. Как правило, доля длинноволновых излучений (более 5500А [1]) соответствует более высоким температурам абсолютно черного тела, чем доля коротковолновых излучений. Предположение, что огненный шар ведет себя так же, как абсолютно черное тело, дает возможность с достаточной приближенностью объяснить характерные черты светового излучения при ядерном взрыве. Для абсолютно черного тела распределение энергии по спектру светового излучения в зависимости от температуры поверхности может быть охарактеризовано с помощью уравнения Планка. Если через $E_\lambda d\lambda$ обозначить плотность энергии, т. е. количество световой энергии, приходящееся на единицу объема в интервале длин волн от λ до $\lambda + d\lambda$, то

$$E_\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}, \qquad (7.78.1)$$

где c — скорость света;
h — постоянная Планка;
k — постоянная Больцмана, т. е. газовая постоянная, отнесенная к одной молекуле;
T — абсолютная температура.

Следует заметить, что hc/λ является энергией фотона с длиной волны λ (п. 170).

7.79. На основе уравнения Планка можно вычислить величину светового импульса абсолютно черного тела для данной длины волны, т. е. J_λ как функции волны любой заданной температуры, поскольку

$$J_\lambda = \frac{c}{4} E_\lambda, \qquad (7.79.1)$$

где J_λ выражается в единицах энергии (эрг) на единицу площади ($см^2$) в единицу времени (секунда), на единицу длины волны (A). Результаты вычислений для температур от 100 000 000° (10^8) до 2000° К показаны на рис. 7.79. Из рисунка видно, что общая величина импульса, выраженная площадью под каждой кривой, с уменьшением температуры значительно уменьшается.

7.80. Важным моментом в рис. 7.79 является изменение положения кривых в зависимости от температуры. Другими словами, спектр лучистой энергии изменяется в зависимости от температуры. При высоких температурах преобладают излучения с короткой длиной волны, а при низких температурах в основном действуют длинноволновые излучения. Например, при ядерном взрыве до образования огненного шара температура составляет несколько десятков миллионов градусов К. Большая часть излучений в этот период происходит в спектре волн длиной примерно от 0,1 до 100 А, соответствующем спектру мягких рентгеновских лучей. На этом основывается ранее сделанное заключение, что первоначальное электромагнитное излучение при ядерном взрыве преимущественно состоит из рентгеновских лучей. Эти излучения поглощаются окружающей массой воздуха, в результате чего создается огненный шар, который испускает эффективное световое излучение. Поскольку температура поверхности огненного шара обычно ниже 10 000° К, излучение преимущественно идет в спектре ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных лучей. Размеры огненного шара, в котором поглощаются рентгеновские лучи, как будет показано ниже, зависят от плотности окружающего воздуха.

[1] Буква «А» обозначает «ангстрем», т. е. 10^{-8} см,— единицу, в которой обычно выражается длина волны излучения.

7.81. Необходимо заметить, что световое излучение у поверхности земли в некоторой степени отличается от излучения у огненного шара. Причина заключается в том, что коротковолновые излучения, т. е. ультрафиолетовые лучи, проходя известное расстояние от источника излучения до поверхности земли, поглощаются

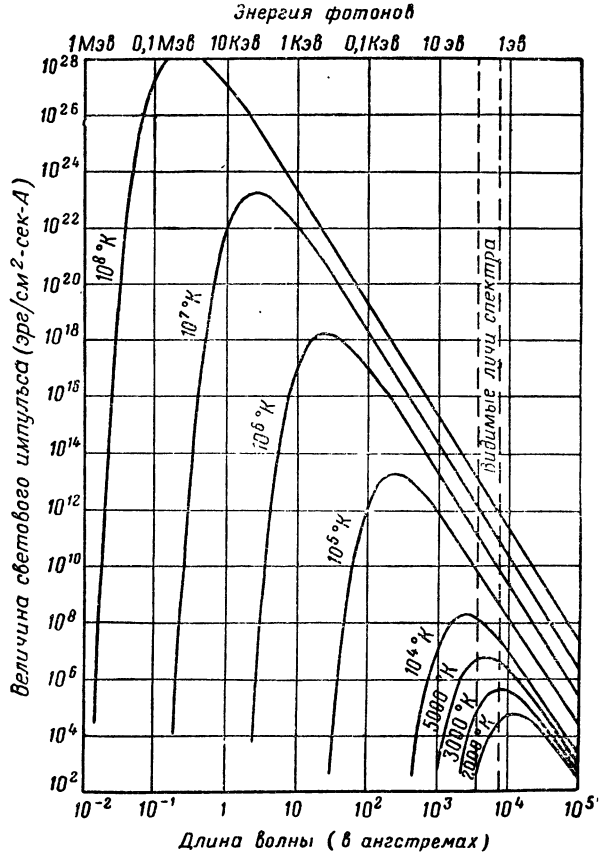


Рис. 7.79. Зависимость интенсивности излучения абсолютно черного тела от длины волны при различных температурах

быстрее, нежели другие. Световое излучение, получаемое на некотором расстоянии от места взрыва, является характерным для черного тела при температуре в 6000—7000° К, хотя и несколько обедненным в отношении ультрафиолетовых и других коротковолновых лучей. Даже если взрыв происходит на очень большой высоте, световое излучение огненного шара малой плотности на своем пути к поверхности земли должно пройти более плотные слои атмосферы. Таким образом, эффективное световое излучение, получаемое на поверхности земли, также состоит из лучей более длинной волны.

7.82. Выражение длины волны (λ_m), соответствующей максимальной силе излучения, как функции температуры абсолютно черного тела, может быть получено путем дифференцирования уравнения (7.79.1) по отношению к длине волны и приравнивания результата к нулю. Таким образом

$$\lambda_m = \frac{C}{T}, \qquad (7.82.1)$$

где C — постоянная величина, равная $2{,}90 \cdot 10^7$ ангстремов-градусов К.

7.83. Температура, при которой максимум в распределении силы излучения абсолютно черного тела находится в диапазоне видимых лучей спектра, т. е. при длине волн 3850 A, может быть найдена из уравнения (7.82.1) и равняется примерно 7500° К. Это очень близко к температуре огненного шара после минимума температуры, т. е. в период второго импульса излучения (рис. 2.113). Поскольку обычно температура поверхности не превышает 8000° К, а средняя температура значительно меньше, вполне очевидно, что большая часть световой энергии, испускаемой при втором импульсе, состоит главным образом из видимых и инфракрасных лучей. Это же имело место и при испытаниях, хотя поведение огненного шара на этой стадии значительно отличается от поведения абсолютно черного тела.

7.84. Средний свободный пробег (п. 2.104) фотонов рентгеновских лучей с энергией от 0,5 до 15 килоэлектронвольт при проходе в холодном воздухе с обычной для уровня моря плотностью представлен следующим приблизительным отношением.

$$\text{Средний свободный пробег} \approx \frac{E^3}{5}\ \text{см}, \qquad (7.84.1)$$

где E — энергия фотонов в килоэлектронвольтах. Для того чтобы произвести расчеты расстояний по интенсивности поглощения на них рентгеновских лучей, используется средняя величина температуры, равная 10^{7}° К. Согласно уравнению (7.82.1), длина волны, при которой величина светового импульса абсолютно черного тела достигает максимума, равняется 2,9 A. По уравнению (1.70.2) это соответствует фотоновой энергии в 4,3 килоэлектронвольта. Следовательно, на основании уравнения (7.84.1) средний свободный пробег этих фотонов в обычном воздухе равняется примерно 15 см. Проходя расстояние в один средний пробег, энергия излучений уменьшается на коэффициент 2,7 (e); отсюда 90% энергии будет израсходовано в радиусе 2,3 среднего свободного пробега. Таким образом, излучение с энергией в 4,3 килоэлектронвольта в атмосфере, соответствующей условиям на уровне моря, будет поглощено на расстоянии примерно в 35 см.

7.85. Первоначальное световое излучение при ядерных взрывах охватывает широкий диапазон волн. Однако в интересах получения примерных данных о первоначальном размере огненного шара можно учитывать длины волн, соответствующих максимальной величине светового импульса. Из данных, приведенных выше, следует, что излучаемые при ядерном взрыве рентгеновские лучи почти полностью будут поглощены воздухом с нормальной плотностью на расстоянии примерно 30 см. При ядерном взрыве в атмосфере, плотность которой не отличается значительно от обычной плотности воздуха в условиях уровня моря, большая часть рентгеновских лучей, из которых состоит первичное световое излучение, будет поглощена в пределах нескольких десятков сантиметров от места взрыва. Именно в результате такого процесса при ядерном взрыве создается в воздухе огненный шар в его первоначальном виде.

7.86. При увеличении высоты плотность воздуха будет уменьшаться в 10 раз через каждые 16 км. Таким образом, при высоте 45 000 м плотность воздуха по сравнению с его плотностью в условиях уровня моря будет в 1000 раз меньше. Средний свободный пробег фотона изменяется обратно пропорционально изменению плотности атмосферы. Так, при ядерных взрывах на высоте около 45 км район нагретого рентгеновскими лучами воздуха измеряется радиусом в несколько тысяч метров. Несмотря на низкую плотность, масса нагретого воздуха в этом большом районе гораздо больше, нежели в огненном шаре, образующемся при ядерных взрывах на меньших высотах, а следовательно, и температура воздуха меньше.

7.87. На высотах порядка 30 000—100 000 м процесс испускания светового излучения при ядерном взрыве несколько отличается от этого процесса при взрывах на низких высотах. На высоте 100 000 м при ядерных взрывах мощностью от 1 килотонны до 1 мегатонны размер района с нагретым воздухом соответственно будет от 800 до 10 000 м. Время образования ударной волны при взрывах данной мощности будет порядка 0,1—1 секунды. В силу причин, изложенных выше, световое излучение испускается огненным шаром одним импульсом сравнительно небольшой продолжительности. Имеющиеся весьма ограниченные данные указывают на то, что получаемое поверхностью земли количество светового излучения при взрывах на большой высоте соответствует величинам, приведенным в п. 7.25, т. е. составляет примерно 25—35% общей энергии, высвобождающейся при ядерном взрыве.

7.88. На высотах более 100 000 м плотность воздуха 10^{-7} раз меньше его плотности в условиях уровня моря. Средний свободный пробег образующихся при ядерном взрыве рентгеновских лучей составляет несколько сот километров. Несмотря на низкую плотность, масса воздуха, поглощающая световую энергию, составляет многие миллионы тонн. Поэтому значительного повышения температуры не будет. При низких температурах воздуха световое излучение ядерного взрыва мегатонной мощности не в состоянии причинить повреждения на поверхности земли.

Энергия светового излучения, испускаемого огненным шаром

7.89. Согласно закону Стефана — Больцмана, общее количество энергии (для волн всех длин) (J), излучаемое в течение 1 секунды с одного квадратного сантиметра поверхности абсолютно черного тела во всех направлениях, связано с абсолютной температурой T уравнением

$$J = \sigma T^4, \qquad (7.89.1)$$

где σ — постоянная Стефана — Больцмана. Величина J может быть также получена путем интегрирования уравнения (7.79.1) при диапазоне длин волн от 0 до бесконечности. Тогда будет найдено, что

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15 h^3 c^2} = 1{,}38 \cdot 10^{-12} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2\text{сек град}^4\,\text{К}}.$$

Определив σ, можно легко вычислить величину интенсивности общей лучистой энергии, испускаемой огненным шаром, при условии, что огненный шар ведет себя как абсолютно черное тело.

7.90. В соответствии с приведенным выше определением следует, что общая величина светового импульса может быть получена путем умножения выражения, приведенного в уравнении (7.89.1), на площадь огненного шара. Если R — радиус огненного шара, то его поверхность составит $4\pi R^2$, и, таким образом, общая величина светового импульса будет равняться выражению $\sigma T^4 \cdot 4\pi R^2$. Если это число выразить буквой P, то

$$P = 4\pi\sigma T^4 R^2 = 1{,}71 \cdot 10^{-11} T^4 R^2 \text{ кал/сек}, \qquad (7.90.1)$$

где T — в градусах Кельвина;
R — в сантиметрах.

7.91. Величина светового импульса является функцией времени t для каждого взрыва. Однако, вместо того чтобы каждый раз строить график зависимости P от t, можно построить кривую зависимости между приведенной величиной светового импульса, представляющей собой отношение $\frac{P}{P_{max}}$, и приведенным временем, которое выражается через отношение $\frac{t}{t_{max}}$, где P_{max} — максимальная величина светового импульса, соответствующая максимуму температуры во втором импульсе излучения, а t_{max} — время, в течение которого этот максимум достигается. Производная кривая (левая ордината), показанная на рис. 7.91, пригодна для любого ядерного взрыва, независимо от его мощности. Нуль оси приведенного времени представляет собой время первого минимума. Как показано в п. 2.116, оно приблизительно равняется $0{,}0025 \cdot W^{1/2}$ секунды, где W представляет собой мощность взрыва

в килотоннах. Первый импульс излучения настолько непродолжителен, что количество энергии светового излучения, полученное до первого минимума, составляет только около 1% общей энергии.

7.92. Для того чтобы кривая зависимости величины светового импульса от времени стала пригодной для любого взрыва заданной мощности, необходимо знать соответствующие величины P_{max} и t_{max}. Эти величины связаны с мощностью взрыва, выраженной в килотоннах, приблизительно следующим образом

$$P_{max} \approx 4 \cdot W^{1/2} \text{ кт/сек}$$

и

$$t_{max} \approx 0{,}032 \cdot W^{1/2} \text{ сек.}$$

Для взрывов в мегатонном диапазоне значение t_{max} может быть несколько меньше указанного в приведенном выражении. При наземном (надводном) взрыве огненный шар образуется путем, при-

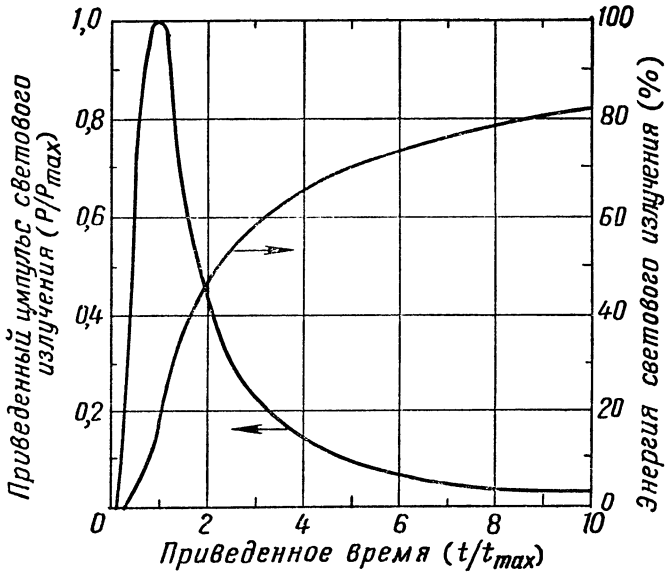


Рис. 7.91. Зависимость приведенного импульса светового излучения и доли энергии, выделившейся в виде светового излучения, от приведенного времени для второго импульса светового излучения воздушного ядерного взрыва

мерно сходным с его образованием во время воздушного взрыва в два раза большей мощности, потому что энергия ударной волны отражается от поверхности и снова направляется в огненный шар. Отсюда t_{max} при фактически одной и той же мощности может оказаться несколько больше, нежели во время воздушного взрыва.

Кривые, показанные на рис. 7.91, выражают зависимость приведенного светового импульса $\frac{P}{P_{max}}$ (левая ордината) и доли об-

щей световой энергии $\frac{E}{E_{общ}}$ (правая ордината), выделенной во втором световом импульсе воздушного взрыва и выраженной в процентах, от приведенного времени $\frac{t}{t_{max}}$.

Метод расчета. Чтобы применить данные, приведенные на рис. 7.91, к взрыву любой мощности W килотонн тротилового эквивалента, можно использовать следующие выражения:

$$P_{max} \approx 4W^{1/2} \frac{\text{кт}}{\text{сек}},$$

$$t_{max} \approx 0{,}032W^{1/2} \text{ сек},$$

$$E_{общ} \approx {}^1/_3 W \text{ кт},$$

где t_{max} — время после взрыва, в течение которого достигается максимум температуры во втором импульсе светового излучения;

P_{max} — максимальная величина светового импульса в момент времени t_{max};

$E_{общ}$ — общее количество световой энергии, испускаемой огненным шаром во втором импульсе.

Пример.

Дано. Мощность ядерного взрыва 500 килотонн.

Определить. а) Величину светового импульса.

б) Количество световой энергии, испускаемой огненным шаром через 2 секунды после взрыва.

Решение. Поскольку $W = 500$ кт, то $W^{1/2} = 22{,}4$; тогда $t_{max} = 0{,}032 \cdot 22{,}4 = 0{,}72$ сек, а приведенное время для 2 сек после взрыва составит

$$\frac{t}{t_{max}} = \frac{2{,}0}{0{,}72} = 2{,}8.$$

а) Из рис. 7.91 находим, что при $\frac{t}{t_{max}} = 2{,}8$ величина $\frac{P}{P_{max}} = 0{,}26$, а так как $P_{max} = 4 \cdot 22{,}4 = 90$ кт/сек, то $P = 0{,}26 \cdot 90 = 23$ кт/сек $= 23 \cdot 10^{12}$ кал/сек.

б) По величине приведенного времени, равной 2,8, из рис. 7.91 находим, что величина $\frac{E}{E_{общ}} = 58\% = 0{,}58$, а $E_{общ} = \frac{1}{3} \cdot 500 = 167$ килотонн; следовательно, $E = 0{,}58 \cdot 167 = 97$ килотонн $= 97 \cdot 10^{12}$ кал.

7.93. Количество световой энергии E, излучаемое огненным шаром до определенного момента времени, можно определить путем измерения площади под кривой зависимости P от t, ограниченной заданным временем. Результаты таких вычислений, выраженные в зависимости $\frac{E}{E_{общ}}$ от $\frac{t}{t_{max}}$, показаны второй кривой на

рис. 7.91 (правая ордината). Величина $E_{общ}$ представляет собой общую энергию светового излучения, испускаемую огненным шаром во время второго импульса. Она может составлять от 30 до 40% мощности взрыва, но в данный момент, в силу изложенных в п. 7.04 причин, можно принять, что

$$E_{общ}\ (\text{кт}) \approx {}^1/_3 W. \qquad (7.93.1)$$

В этом равенстве световая энергия выражена в килотоннах, но, если необходимо выразить ее в калориях, результат следует помножить на 10^{12}.

7.94. Кривые, приведенные на графике рис. 7.91, имеют некоторые особенности, представляющие особый интерес. Как и следовало ожидать, во втором импульсе излучения скорость испускания огненным шаром лучистой энергии, так же как и температура, возрастает до максимума. Поскольку величина импульса светового излучения примерно пропорциональна величине абсолютной температуры в четвертой степени (T^4), то она увеличивается или уменьшается гораздо быстрее, чем температура. Этим, собственно, и объясняется резкое повышение до максимума значения $\frac{P}{P_{max}}$; после достижения максимума значение этого отношения уменьшается менее резко. По мере того как огненный шар достигает последней стадии своего развития, кривая, характеризующая величину отношения $\frac{P}{P_{max}}$, становится все более плавной.

7.95. С точки зрения защиты от действия светового излучения (вызывающего ожоги кожи и, возможно, поражение глаз) посредством пассивных мер важной величиной является t_{max}, поскольку величина импульса светового излучения, испускаемого в этот момент огненным шаром, имеет максимальное значение. Как указывалось в п. 7.92, t_{max} возрастает пропорционально корню квадратному из величины мощности взрыва. Таким образом, для взрыва мощностью 10 килотонн t_{max} составляет около 0,1 секунды, а для взрыва мощностью 10 мегатонн это время равно примерно 3 секундам. Следовательно, на соответственных расстояниях от центра взрыва, на которых могут возникать сильные ожоги кожи, пассивные меры защиты будут более успешными при воздушном взрыве большой мощности. Другой способ выражения зависимости значения t_{max} от мощности взрыва приводится на рис. 7.95, на котором дана величина (в процентах) суммарной энергии светового излучения, испускаемого в различное время с момента достижения первого минимума при воздушных взрывах мощностью 10 и 100 килотонн, а также 1 и 10 мегатонн. В каждом случае при достижении t_{max} будет выделено около 20% энергии светового излучения. При значении времени, равном $10 \cdot t_{max}$, которое принимается как эффективное время продолжительности второго светового импульса, выделяется около 80% энергии светового излучения.

7.96. Описанные выше данные применимы к взрывам, осуществляемым на высотах ниже 30 км, т. е. на высотах, на которых еще сохраняется достаточная плотность воздуха. По мере увеличения высоты внешняя картина развития огненного шара изменяется, как указано в главе 2, и на высотах, превышающих 30 км, по существу, вся энергия светового излучения испускается за один импульс в течение короткого времени. Например, при взрыве мощностью порядка нескольких мегатонн, осуществленного на высоте 76 км, продолжительность светового импульса составит менее

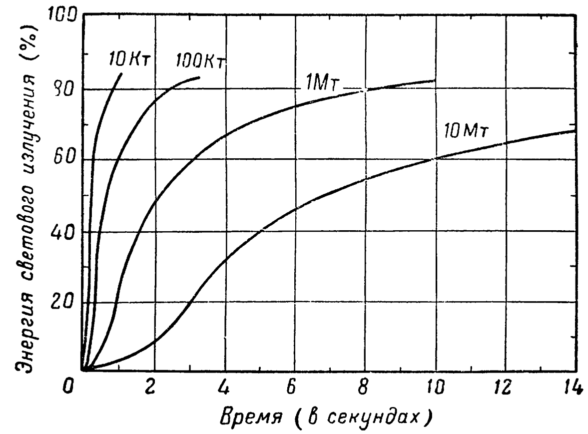


Рис. 7.95. Зависимость доли энергии, выделившейся в виде светового излучения, от времени для воздушных взрывов различной мощности

1 секунды. Определение приведенной величины продолжительности светового импульса как функции мощности взрыва является очень сложным и зависит от совокупности различных факторов. Однако продолжительность светового импульса, по-видимому, не в очень сильной степени зависит от общей мощности взрыва. На более значительных высотах продолжительность светового импульса, возможно, будет больше, так как светящийся огненный шар в этом случае имеет более значительную массу и более низкую температуру.

7.97. Оказывается, что в условиях, при которых человек, находящийся на поверхности земли, получает значительное количество светового излучения, достаточного для возникновения ожогов кожи, время испускания этого излучения настолько мало, что не представляется возможным предпринять какие-либо меры защиты. При взрывах мощностью порядка нескольких мегатонн, происходящих вблизи нижней границы больших высот, т. е. примерно на высоте около 32 км, возможны ожоги кожи у человека, находящегося на поверхности земли. Однако при взрывах на

более значительных высотах мало вероятно, что человек, находящийся на большом расстоянии от центра взрыва, получит такие ожоги. С другой стороны, с увеличением высоты взрыва увеличивается вероятность поражения глаз, особенно в виде вспышечной слепоты (п. 7.37). За время рефлексного мигания глаз (продолжительностью 0,15 секунды) значительная часть светового излучения при ядерном взрыве на большой высоте достигнет поверхности земли. Кроме того, свет, испускаемый огненным шаром, будет видимым на большой площади. В действительности вполне возможно, что ядерный взрыв мощностью порядка нескольких мегатонн, осуществленный на большой высоте, смог бы оказать поражающее действие на глаза на всех расстояниях, вплоть до линии горизонта земной поверхности.

Зависимость энергии светового излучения от расстояния

7.98. Следующим вопросом, который необходимо рассмотреть, является изменение общей величины светового импульса в зависимости от расстояния. Как указывалось в предыдущих разделах настоящей главы, данные об изменении величины поглощенного светового импульса от расстояния в сочетании с данными, приведенными на рис. 7.46, а также в таблицах 7.40 и 7.44, позволяют ориентировочно определить расстояния, на которых будет наблюдаться то или иное поражающее действие светового излучения.

7.99. Если бы световое излучение не ослаблялось атмосферой, то общее количество световой энергии $E_{общ}$ на расстоянии D от центра взрыва распределялось бы равномерно по поверхности сферы, имеющей площадь $4\pi D^2$. Таким образом, количество световой энергии, падающей на единицу площади этой сферы, составило бы $\frac{E_{общ}}{4\pi D^2}$. Если бы ослабление светового излучения происходило только в результате его поглощения однородной атмосферой, то величину $E_{общ}$ необходимо было бы умножить на коэффициент e^{-kD}, где k представляет собой усредненный коэффициент поглощения, применимый для всех длин волн спектра излучения. Отсюда следует, что при этих условиях величина поглощенного светового импульса Q, т. е. количество световой энергии, полученной единицей площади, расположенной перпендикулярно направлению распространения светового излучения на расстоянии D от центра взрыва, составит

$$Q = \frac{E_{общ}}{4\pi D^2} e^{-kD}. \qquad (7.99.1)$$

7.100. Когда помимо поглощения происходит также рассеяние светового излучения, то коэффициент k уже не является постоянной величиной, а представляет собой функцию расстояния, и поэтому выражать ослабление светового излучения посредством экспоненциального множителя неудобно. Гораздо более удобной является следующая формула:

$$Q = \frac{E_{общ} T}{4\pi D^2}, \qquad (7.100.1)$$

где T — коэффициент пропускания, т. е. часть излучения (прямого или рассеянного), которая достигает расстояния D; величина этой части является сложной функцией дальности видимости (рассеяния), поглощения и расстояния[1].

7.101. Зависимость количества энергии светового излучения $E_{общ}$, испускаемого при ядерном взрыве, от мощности взрыва может быть выражена следующим общим выражением:

$$E_{общ} = f \cdot W, \qquad (7.101.1)$$

где f — часть общей мощности взрыва, выделенной в виде светового излучения. Отсюда, заменив в уравнении (7.100.1) $E_{общ}$ на $f \cdot W$, можно выразить величину поглощенного светового импульса как

$$Q = \frac{fTW}{4\pi D^2}. \qquad (7.101.2)$$

7.102. При испытании ядерного оружия имеется возможность измерить величины Q и W, и поскольку расстояние D от центра взрыва является величиной известной, то из уравнения (7.101.2) можно будет определить значение произведения $f \cdot T$. Для определения f необходимо знать значение абсолютной температуры слоя атмосферы T, лежащего между взрываемым боеприпасом и рассматриваемой точкой пространства. Однако на большом расстоянии прозрачность атмосферы изменяется в зависимости от времени и направления, поэтому в момент времени, когда замеряется величина Q, значение f не может быть определено с точностью, большей чем $\pm 20\%$. Следовательно, используются средние значения T, которые приводятся на рис. 7.104. Применяя эти данные и анализируя значения произведения $f \cdot T$, полученные во время многочисленных испытаний ядерного оружия, было найдено, что при воздушном взрыве величина f колеблется от 0,3 до 0,4 (в среднем 0,33).

7.103. Исходя из того факта, что при взрыве мощностью в 1 килотонну выделяется 10^{12} калорий энергии и принимая величину f равной $1/3$, уравнение (7.101.2) для воздушного взрыва приобретает вид

$$Q\ (\text{кал/см}^2) = \frac{10^{12} WT}{12\pi D^2}, \qquad (7.103.1)$$

[1] Рассеянное световое излучение не вызывает необратимого поражения сетчатки глаз. Следовательно, для определения величины эффективной дозы излучения необходимо воспользоваться уравнением (7.99.1); при дальности видимости, равной 80 км, значение коэффициента $k \approx 0{,}03$ км$^{-1}$; при дальности видимости 40 км $k \approx 0{,}1$ км$^{-1}$; при дальности видимости 20 км $k \approx 0{,}2$ км$^{-1}$. Однако рассеянное световое излучение может усилить вспышечную слепоту, вызываемую ослепляющим действием яркого света.

где D выражено в сантиметрах. Если расстояние от центра взрыва выражено в километрах, то, осуществив в уравнении (7.103.1) сокращения, получим приблизительное выражение для определения Q:

$$Q\ (\text{кал/см}^2) \approx \frac{2{,}65 \cdot W \cdot T}{D^2}, \qquad (7.103.2)$$

где D выражено в километрах.

7.104. Значение T при данных атмосферных условиях зависит от величины пространственного угла, в пределах которого рассеянное излучение достигает определенного облучаемого объекта. Для упрощения расчетов допускается, что этот объект имеет такую форму, что рассеянное излучение, получаемое им в дополнение к прямолинейному световому излучению, падает на него сверху со всех направлений. Изменение коэффициента пропускания в зависимости от расстояния от центра взрыва для двух различных расстояний видимости приводится на рис. 7.104. Одна кривая характеризует изменение коэффициента пропускания при дальности видимости, равной 80 км, и содержании влаги в воздухе в количестве 5 г в 1 м³, а другая кривая — при видимости 16 км и содержании влаги в количестве 10 г в 1 м³ воздуха. В каждом случае данные, приведенные на графиках, считаются достаточно точными на расстояниях, равных половине дальности видимости.

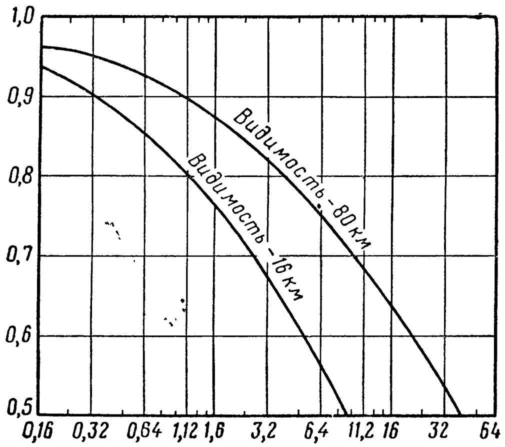


Рис. 7.104. Зависимость пропускания светового излучения от расстояния при дальности видимости от 16 до 80 км

7.105. Для упрощения пользования уравнением 7.103.2 на рис. 7.105 в виде графика вычерчены значения величины поглощенного светового импульса Q в калориях на квадратный сантиметр, получаемые на различных расстояниях (D) от центра воздушного взрыва мощностью в 1 килотонну. Результаты, получаемые при использовании этих данных, достаточно точны при условии, что значение D меньше половины соответствующей дальности видимости, лежащей между 16 и 80 км. Если расстояния, представляющие практический интерес, оказываются больше, чем половина дальности видимости, то

величина поглощенного светового импульса, определяемая с помощью графика рис. 7.105, будет менее точной.

График, изображенный на рис. 7.105, который для удобства пользования им состоит из двух частей, показывает зависимость величины поглощенного светового импульса в кал/см² на различных расстояниях от центра воздушного взрыва мощностью 1 килотонна при дальности видимости в атмосфере от 16 до 80 км.

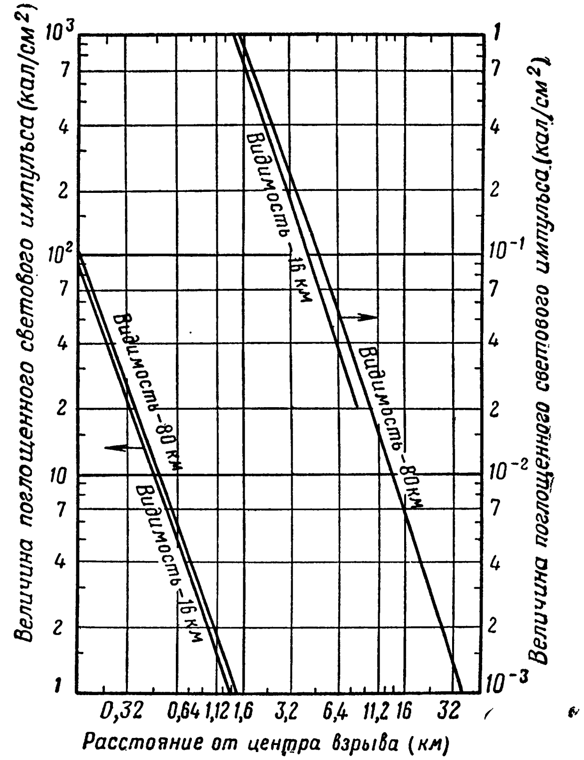


Рис. 7.105. Зависимость величины поглощенного светового импульса от расстояния для воздушного ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну при дальности видимости от 16 до 80 км

Метод расчета. Величина поглощаемого светового импульса на любом заданном расстоянии от центра взрыва мощностью W килотонн в W раз больше величины поглощенного светового импульса на том же расстоянии при взрыве мощностью 1 килотонна.

Пример.

Дано. Мощность воздушного взрыва составляет 100 килотонн при дальности видимости от 16 до 80 км.

Определить. Величину поглощенного светового импульса на расстоянии 4,8 км от центра взрыва.

Решение. Из графика рис. 7.105 находим, что величина поглощенного светового импульса на расстоянии 4,8 км от центра воздушного взрыва мощностью 1 килотонна составляет примерно 0,07—0,1 кал/см^2. Следовательно, величина поглощенного светового импульса на расстоянии 4,8 км от центра воздушного взрыва мощностью 100 килотонн составит примерно $100 \cdot 0{,}07 = 7$ кал/см^2 или $100 \cdot 0{,}1 = 10$ кал/см^2.

7.106. При наземном взрыве величины светового импульса на поверхности земли будут меньше, чем при воздушном взрыве такой же мощности, осуществляемом на таком же расстоянии. Эта разница возникает частично из-за того, что как указано в п. 7.23, прозрачность нижнего слоя окружающего воздуха оказывается меньшей ввиду наличия в нем пыли и паров воды, образованных в результате взрыва. Кроме того, нормальная атмосфера, прилегающая к поверхности земли, передает лучистую энергию в меньшей степени, чем на больших высотах. Таким образом, при наземном взрыве величина поглощенного светового импульса по сравнению с величиной этого импульса, определяемой на основе уравнения (7.103.2) и рис. 7.105 для воздушного взрыва, составляет на малом расстоянии три четверти, а на большом расстоянии половину величины импульса при воздушном взрыве. Другими словами, коэффициент f уравнения (7.101.2) имеет значения, равные от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{7}$. Таким образом, при наземном взрыве

$$Q\ (\text{кал/см}^2) \approx \text{от } 2{,}0 \text{ до } 1{,}3 \cdot \frac{WT}{D^2}, \qquad (7.106.1)$$

где D — расстояние в километрах. Оказывается, что по мере увеличения мощности взрыва величина поглощенного светового импульса имеет тенденцию к увеличению в бо́льших пределах, чем это дается уравнением (7.106.1).

7.107. При определении величины поглощенного светового импульса на некотором расстоянии от центра ядерного взрыва, осуществленного на большой высоте, уравнение (7.101.2) необходимо видоизменить по двум причинам. Во-первых, при взрывах, осуществляемых на высотах от 30 до 110 км световой импульс, способный вызвать поражение кожи, составляет приблизительно 25—35% общей мощности взрыва. Поправки на эту разницу могут быть внесены за счет значения $E_{общ}$, которое принимается равным $0{,}25 \cdot W$ килотонн.

7.108. Во-вторых, световое излучение, распространяясь от точки взрыва к поверхности земли, проходит через зоны, в которых плотность атмосферы непрерывно изменяется и является значительно меньшей, чем на уровне моря. Ослабление светового излучения может быть приближенно определено, если использовать понятие так называемой приведенной высоты атмосферы. Эта высота равна отношению общей массы вертикального столба воздуха к плотности воздуха на уровне моря. В точке, находящейся на

уровне моря, величина приведенной высоты атмосферы составляет примерно 8 км. Если взрыв происходит, например, на высоте H км, то при определении степени ослабления светового излучения допускается, что световое излучение проходит в вакууме расстояние,

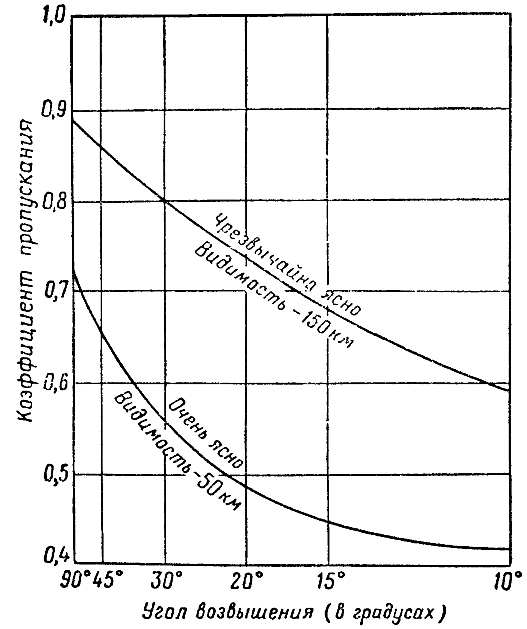


Рис. 7.109. Зависимость пропускания светового излучения от угла возвышения (для расчета дозы излучения при ядерных взрывах на большой высоте)

равное $H - 8$ км, а также 8 км слоя атмосферы с нормальным уровнем давления. Если центр взрыва не находится непосредственно над объектом, а расположен под некоторым углом возвышения φ по отношению к горизонту, то соответствующие расстояния будут равны $(H-8)\sin\varphi$ и $\frac{8}{\sin\varphi}$ соответственно.

7.109. Из рассмотренных выше доводов следует, что для взрыва, осуществляемого на большой высоте, уравнение 7.103.2 может быть записано в следующем приближенном общем виде:

$$Q\ (\text{кал/см}^2) \approx \frac{1{,}97 \cdot W \cdot T}{H^2} \sin^2\varphi, \qquad (7.109.1)$$

где T — коэффициент пропускания воздуха для угла φ.

Если взрыв происходит непосредственно в зените, то $\varphi = 90°$, а $\sin^2\varphi = 1$. Значения проводимости воздуха как функции угла

возвышения для взрывов, осуществляемых на больших высотах, приводятся на графике рис. 7.109. Измерения импульса светового излучения, произведенные на острове Джонстон во время описанного выше ядерного взрыва «Тэк», в общем находятся в соответствии с уравнением (7.109.1).

7.110. При взрывах, осуществляемых на высотах свыше 110 км, уравнение (7.109.1) уже не может быть использовано. Объем воздуха, нагреваемый тепловыми рентгеновскими лучами, настолько велик, что достигаемая при этом температура является относительно малой. Поэтому световое излучение испускается с такой малой интенсивностью, что на расстояниях, представляющих практический интерес, световая энергия, способная вызвать какие-либо поражения, является меньшей, чем при взрывах такой же мощности, осуществленных на более малых высотах.

ГЛАВА 8

НАЧАЛЬНОЕ ЯДЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ПРИРОДА ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Нейтроны и гамма-лучи

8.01. В главе 1 указывалось, что одной из характерных особенностей ядерного взрыва является то, что он сопровождается испусканием ядерного излучения. Это излучение по своей природе коренным образом отличается от светового излучения, рассмотренного в предыдущей главе, и состоит из гамма-лучей, потока нейтронов, бета-частиц и небольшого количества альфа-частиц. Бóльшая часть нейтронов и некоторая часть гамма-лучей испускаются в процессе деления, т. е. в момент взрыва. Остальная часть гамма-лучей испускается при радиоактивном распаде продуктов деления. Бета-частицы также испускаются по мере радиоактивного распада продуктов деления. Некоторое количество альфа-частиц образуется при обычном радиоактивном распаде ядер атомов урана или плутония, не вступивших в реакцию деления в момент взрыва; остальная часть альфа-частиц (ядер гелия) образуется при реакциях синтеза, в которых участвуют ядра атомов водорода.

8.02. В связи с характерной особенностью явлений, сопровождающих ядерный взрыв в воздухе или вблизи поверхности земли (воды), для практических целей удобно разделить ядерные излучения на две категории, а именно на начальное и остаточное излучения. Такое разделение является до некоторой степени произвольным, однако по соображениям, изложенным в п. 2.43, временем, определяющим тот или иной вид излучения, может считаться 1 минута с момента взрыва. Следовательно, к начальному ядерному излучению, которое рассматривается в данной главе, относится излучение, испускаемое в течение 1 минуты с момента взрыва. Для подземного и подводного взрывов разделение ядерных излучений на начальное и остаточное излучения не имеет большого значения, хотя и для этих видов взрывов такое разделение при желании может быть осуществлено.

8.03. Длина пути свободного пробега альфа- и бета-частиц сравнительно мала, поэтому при воздушном взрыве эти частицы не могут достигать поверхности земли. Даже в том случае, когда огненный шар касается поверхности земли, альфа- и бета-частицы не имеют большого значения. Таким образом, можно считать, что начальное ядерное излучение состоит из гамма-лучей и нейтронов, испускаемых в течение 1 минуты с момента ядерного взрыва. Оба эти вида ядерных излучений, отличающиеся друг от друга по своему характеру, могут проходить в воздухе значительное расстояние. Как гамма-лучи, так и нейтроны могут оказывать вредное воздействие на живые организмы. Именно чрезвычайно вредный характер этих видов ядерных излучений в сочетании с их большой проникающей способностью делает их очень важным поражающим фактором ядерных взрывов. Хотя доля энергии взрыва, приходящаяся на гамма-лучи и нейтроны начального ядерного излучения, составляет только 3% общей энергии воздушного взрыва, по сравнению с 35% энергии, приходящейся на световое излучение, тем не менее ядерное излучение может вызвать значительные поражения людей.

8.04. Бóльшая часть гамма-лучей, испускаемых в процессе деления, поглощается материалами, из которых изготовляется боеприпас, и превращается в другие формы энергии. Таким образом, только небольшая часть (около 1%) гамма-лучей, испускаемых в процессе деления, проходит значительное расстояние от центра ядерного взрыва. Однако, как будет показано ниже, существует несколько других источников гамма-излучений, которые усиливают действие начального ядерного излучения. Точно так же нейтроны, освобождающиеся при реакции деления, замедляются и захватываются остатками взорвавшегося боеприпаса или ядрами атомов воздуха, в котором они движутся. Тем не менее значительное количество быстрых нейтронов деления уходит из зоны взрыва и создает большую опасность поражения на значительном расстоянии от центра этого взрыва.

Сравнение излучений, образующихся при ядерном взрыве

8.05. Защита от действия светового излучения на значительном удалении от центра ядерного взрыва является довольно простым делом; однако этого нельзя сказать о защите от действия гамма-лучей и нейтронов. Например, на расстоянии 1,6 км от места взрыва мощностью в 1 мегатонну начальное ядерное излучение, вероятно, окажет смертельное действие на бóльшую часть облученных людей даже в том случае, если они будут защищены слоем бетона толщиной 60 см. Защита же от действия светового излучения на таком же расстоянии от места взрыва может быть обеспечена гораздо меньшим слоем бетона. Таким образом, проблемы, связанные с защитой людей от светового и ядерного излучений, коренным образом отличаются друг от друга.

8.06. Радиусы зон эффективного поражения этих двух видов излучений ядерного взрыва могут сильно отличаться друг от друга. При взрывах средней и большой мощности световое излучение по сравнению с начальным ядерным излучением может иметь вредные последствия на гораздо бóльших расстояниях от места взрыва. Например, на расстояниях, превышающих 2 км, начальное ядерное излучение, возникающее при воздушном взрыве мощностью 20 килотонн, не окажет заметного поражающего действия даже при отсутствии защиты. Однако действие светового излучения на этом расстоянии может вызвать серьезные ожоги кожи. С другой стороны, при ядерном взрыве относительно малой мощности, например в 1 килотонну или меньше, эффективный радиус поражающего действия начального ядерного излучения окажется больше, чем для светового излучения.

8.07. Характеристики различных категорий начального ядерного излучения (гамма-лучей и нейтронов) рассмотрены раздельно. Хотя в конечном счете результаты их действия на живые организмы в основном одинаковы, эти два вида излучений во многом отличаются друг от друга.

ГАММА-ЛУЧИ

Источники гамма-лучей

8.08. Кроме гамма-лучей, испускаемых в процессе деления, начальное ядерное излучение включает в себя также гамма-лучи, испускаемые другими источниками. Часть нейтронов, освобождающихся в процессе деления, расходуется на поддержание цепной реакции деления; другая, небольшая их часть вылетает из зоны реакции, и, наконец, значительная часть нейтронов неизбежно захватывается неделящимися ядрами. В результате захвата нейтрона ядром последнее превращается в ядро нового типа, известное под названием составного ядра, которое находится в возбужденном состоянии (т. е. обладает избытком энергии). Избыток энергии может затем почти мгновенно выделиться в виде гамма-излучения. Эти излучения называются гамма-лучами захвата, так как они испускаются в результате захвата нейтрона ядром. Соответственно и сам этот процесс называется радиационным захватом.

8.09. Нейтроны, освобождающиеся в процессе деления, могут вступить в реакцию радиационного захвата с ядрами атомов различных веществ, из которых изготовлен боеприпас, а также с ядрами атомов азота, присутствующего в окружающей атмосфере. Эти реакции сопровождаются испусканием гамма-лучей, которые составляют часть начального ядерного излучения. По сравнению с другими составными частями начального гамма-излучения особенно большое значение имеют гамма-излучения, возникающие при взаимодействии нейтронов с ядрами азота, так как часть этих

гамма-лучей обладает очень большой энергией и, следовательно, в значительно меньшей степени ослабляется окружающей средой.

8.10. Взаимодействие нейтронов деления с ядрами некоторых атомов, особенно с ядрами атомов тяжелых элементов, создает еще один источник гамма-лучей. Когда «быстрый нейтрон», т. е. нейтрон, обладающий большой кинетической энергией, сталкивается с таким ядром, он может передать этому ядру некоторую часть своей энергии и привести его в возбужденное состояние. Возбужденные ядра могут затем возвратиться в свое нормальное (исходное) энергетическое состояние путем испускания избыточной энергии в виде гамма-лучей. Этот вид взаимодействия быстрого нейтрона с ядром называется неупругим рассеянием[1].

8.11. Гамма-лучи, образующиеся при делении, а также в результате других нейтронных реакций и возбуждения ядер атомов, входящих в состав материалов, из которых изготовлен ядерный боеприпас, испускаются в течение одной секунды (или менее) после взрыва. Эти гамма-лучи называются мгновенными гамма-лучами.

8.12. Осколки деления и многие продукты их распада представляют собой радиоактивные изотопы, которые испускают гамма-лучи. Периоды полураспада этих радиоактивных изотопов колеблются от миллионных долей секунды до многих лет. Тем не менее поскольку радиоактивный распад осколков деления начинается в момент взрыва и поскольку фактическая скорость их распада является наибольшей в начале процесса распада, то интенсивность гамма-излучения, испускаемого этими радиоактивными изотопами, будет значительно большей в течение первой минуты с момента взрыва. Другими словами, гамма-лучи, испускаемые продуктами деления, составляют значительную часть начального ядерного излучения. Однако ввиду того что процесс радиоактивного распада продуктов деления продолжителен и охватывает довольно большой период времени по сравнению с временем, в течение которого испускается мгновенное излучение, гамма-лучи, испускаемые продуктами деления, называются запаздывающими.

8.13. Количество мгновенных и запаздывающих гамма-лучей, входящих в состав начальной ядерной радиации, почти одинаково, но мгновенные гамма-лучи испускаются почти полностью до момента полного разрушения боеприпаса, а поэтому они сильно поглощаются очень плотными материалами, из которых был изготовлен боеприпас, и лишь небольшая часть этих лучей прорывается наружу. С другой стороны, запаздывающие гамма-лучи испускаются в основном на последней стадии взрыва после того, как материалы боеприпаса успевают испариться и расшириться в пространстве, образуя разреженный газ. В связи с этим в течение первой минуты после воздушного (или наземного) взрыва количество запаздывающих гамма-лучей вместе с гамма-лучами, которые испускаются в процессе радиационного захвата нейтронов атмосферным азотом, оказывается в 100 раз больше, чем количество мгновенных гамма-лучей, входящих в состав ядерного излучения, наблюдаемого на таком же расстоянии от центра взрыва.

8.14. Существует еще один возможный источник гамма-лучей, о котором можно здесь упомянуть. Если ядерный взрыв происходит вблизи поверхности земли, то освобождающиеся при этом нейтроны могут вызвать так называемую «наведенную радиоактивность» веществ, входящих в состав грунта (или воды). Это явление может сопровождаться испусканием гамма-лучей, которое начнется в момент взрыва и будет продолжаться в течение некоторого времени после взрыва. Однако за исключением зон, расположенных в непосредственной близости от эпицентра взрыва, в которых интенсивность гамма-лучей, испускаемых другими источниками, в любом случае будет очень высокой, доля наведенной радиоактивности в суммарном начальном ядерном излучении оказывается незначительной.

Измерение гамма-излучения

8.15. Световое излучение, возникающее при ядерном взрыве, можно ощущать в виде тепла, а часть этого излучения, приходящуюся на видимую область спектра, можно наблюдать органами зрения. Органы чувств человека не реагируют на действие ядерного излучения, за исключением излучений очень высокой интенсивности, при которых ощущается покалывание и зуд кожи. Поэтому для обнаружения и измерения различных видов ядерного излучения были разработаны специальные методы и приборы, основанные на взаимодействии ядерных излучений с веществами окружающей среды.

8.16. При прохождении гамма-лучей через какое-нибудь вещество, находящееся в твердом, жидком или газообразном состоянии, они вступают во взаимодействие с его атомами. С точки зрения измерения дозы гамма-излучения важное значение имеют два конечных результата этого взаимодействия. Первый результат заключается в том, что из многих атомов выбиваются электроны. Поскольку электрон несет отрицательный электрический заряд, оставшаяся часть атома оказывается заряженной положительно, т. е. представляет собой положительный ион. Этот процесс называется ионизацией, а образующиеся при этом электроны и положительные ионы называются ионными парами.

8.17. Вторым результатом является быстрое взаимодействие гамма-лучей с атомами некоторых твердых, жидких и газообразных веществ. При этом вместо полного удаления электрона из

[1] Термин «рассеяние» применяется в данном случае потому, что нейтрон, обладающий малой энергией, после своего взаимодействия с ядром обычно движется в направлении, отличном от направления, в котором он двигался до своего столкновения с этим ядром.

атома, как это наблюдается в процессе ионизации, происходит приобретение этим электроном дополнительного количества энергии. В результате этого атом переходит в возбужденное состояние. Это явление называется возбуждением.

8.18. Явления ионизации и возбуждения используются для обнаружения и измерения гамма-лучей, а также других видов ядерных излучений. В нормальном состоянии газ не проводит в сколько-нибудь заметной степени электрического тока, но в результате образования ионных пар при прохождении через газ ядерных излучений он становится довольно хорошим проводником электрического тока. Некоторые типы приборов, например счетчики Гейгера или карманные камеры (дозиметры), предназначенные для измерения гамма-излучения, основаны на принципе образования в газе электрически заряженных ионных пар и на возникающей в результате этого способности газа проводить электрический ток.

8.19. С другой стороны, действие сцинтилляционных счетчиков основано на использовании процесса возбуждения. Когда атом или молекула переходят в возбужденное состояние, они обычно отдают избыток своей энергии (энергии возбуждения) в течение примерно одной миллионной доли секунды. Некоторые вещества способны терять избыток энергии своих возбужденных электронов в форме видимых вспышек света или сцинтилляций. Эти сцинтилляции могут быть измерены с помощью фотоумножителя и связанного с ним электронного регистрирующего устройства. Энергия возбуждения, выделяющаяся в результате поглощения гамма-лучей, делает фосфат серебра, входящего в состав стекла, чувствительным к ультрафиолетовым лучам. Поэтому на таком стекле, экспонированном в этих лучах, появляется фосфоресцентное свечение, которое можно измерить с помощью фотоэлектрического прибора.

8.20. Кроме описанных прямых последствий ионизации и возбуждения имеются и некоторые косвенные последствия этих явлений, а именно видимые химические изменения. Одним из примеров этих изменений является потемнение или вуалирование фотопленки, наблюдаемое после ее проявления. Пленочные индикаторы ядерных излучений обычно содержат два или три образца фотопленки, подобных тем, какие используются зубными врачами при производстве рентгеновских снимков. Эти образцы фотопленок обертываются светонепроницаемой бумагой, которая, однако, легко пропускает гамма-лучи. После облучения пленки проявляются, и по степени их потемнения определяется количество поглощенных гамма-лучей. Разрабатываются самопоказывающие химические дозиметры. При помощи этих дозиметров количество поглощенного ядерного излучения может быть определено непосредственно по изменению цвета, которое вызывается определенными химическими реакциями, протекающими под действием ядерного излучения.

Рентген

8.21. Для измерения количества гамма-излучений (или рентгеновских лучей) в любой заданной точке необходимо иметь соответствующую единицу измерения. Единица, используемая для этой цели, называется рентгеном. Как указывалось выше, взаимодействие гамма-излучения с веществом окружающей среды приводит к образованию пар ионов. Основой для количественного измерения гамма-излучения, которое вступает во взаимодействие с веществом окружающей среды, служит фактическое количество образуемых ионных пар. Таким образом, выражаясь более просто, рентген может быть определен как количество гамма-излучения, которое приводит к образованию $2{,}08 \cdot 10^9$ пар ионов в одном кубическом сантиметре сухого воздуха при нормальной температуре (0° C) и давлении (1 атмосфера). Это количество эквивалентно примерно 88 эргам энергии, выделяющейся в 1 г сухого воздуха, подверженного при нормальных условиях действию 1 рентгена гамма-излучения.

8.22. На практике дозиметрические приборы не определяют непосредственно количество рентген. В этих приборах те или иные наблюдаемые внешние проявления действия излучений, например электрические импульсы, сцинтилляции или потемнение фотопленки, используются для определения фактического количества рентген. Поэтому приборы, предназначенные для измерения любого определенного внешнего эффекта, возникающего под действием радиации, могут использоваться для количественного определения излучений в рентгенах. С этой целью дозиметрические приборы калибруются при помощи стандартного источника гамма-лучей. При этом обычно используется известное количество радия или радиоактивного кобальта.

8.23. С помощью дозиметрических приборов можно осуществлять два основных типа измерений, имеющих важное практическое значение. К первому типу этих измерений относятся измерения суммарной дозы (или количества) излучения, полученной в течение всего периода воздействия и выраженной в рентгенах. Примерами индивидуальных дозиметров, применяемых для определения суммарной дозы излучения, являются карманные ионные камеры, фотографические плоские пленочные дозиметры и телескопические устройства, работающие на принципе свечения фосфата серебра. Ко второму типу измерений относятся измерения интенсивности излучения, выражаемой в рентгенах в час или в миллирентгенах в час. К числу дозиметров, используемых для определения интенсивности излучения, относятся ионные камеры, счетчики Гейгера — Мюллера или сцинтилляционные счетчики, которые комбинируются с соответствующими электронными и электроизмерительными устройствами. Как правило, все эти дозиметры являются портативными и имеют батарейные источники питания. Величина замеренной такими приборами интенсивности излучения

может быть переведена в суммарную дозу облучения путем умножения соответствующей средней интенсивности излучения на общее время облучения.

8.24. Хотя некоторые специальные дозиметрические приборы измеряют как суммарную дозу излучения, так и интенсивность излучения, все же большинство приборов предназначено для измерения какой-нибудь одной из этих характеристик. Однако способность прибора измерять и интенсивность излучения и суммарную дозу излучения приобретает большое значение при измерении начального ядерного излучения, а также запаздывающего ядерного излучения, которое будет рассмотрено в главе 9.

8.25. Биологическое действие различных доз гамма-излучения более подробно рассматривается в главе 11. Однако, чтобы дать некоторое представление о влиянии на человеческий организм суммарных доз излучения, которые приводятся ниже, можно сказать, что полученная человеком однократная доза воздействия[1] меньше 25 рентген не вызывает заметных клинических последствий. Более значительные дозы вызывают более серьезные последствия, и при получении всем организмом суммарной дозы в 1000 рентген смертельный исход неизбежен для всех облученных людей, хотя смерть и наступает спустя несколько дней после облучения.

Зависимость дозы гамма-излучения от расстояния

8.26. Очевидно, что величина дозы гамма-излучения в определенной точке пространства будет тем меньше, чем больше расстояние от этой точки до центра ядерного взрыва. Зависимость дозы излучения от расстояния определяется двумя факторами, аналогичными тем, которые применимы к световому излучению. Во-первых, происходит общее уменьшение интенсивности излучения на все бо́льшей и бо́льшей площади по мере удаления от места взрыва. Следовательно, доза излучения (п. 7.7), получаемая в определенной точке, обратно пропорциональна квадрату расстояния от этой точки до центра взрыва. Во-вторых, ослабление интенсивности излучения происходит благодаря поглощению и рассеянию гамма-лучей окружающей атмосферой.

8.27. Дозы гамма-излучения на определенных расстояниях при взрывах различной мощности измерялись во время многих испытаний ядерного оружия. Результаты, полученные при воздушных взрывах, представлены в виде двух графиков: первый из этих графиков (рис. 8.27а) показывает зависимость дозы начального гамма-излучения от фактического расстояния до центра взрыва мощностью в 1 килотонну. На втором графике (рис. 8.27б) приводятся

[1] Доза воздействия гамма-излучения (или рентгеновских лучей) является мерой измерения излучения, основанной на способности радиоактивных излучений вызывать ионизацию. Поглощенная доза любого радиоактивного излучения, вызывающего ионизацию, представляет собой энергию, передаваемую ионизированными частицами единице массы облученных материалов.

коэффициенты пересчета, которыми следует пользоваться для определения величины дозы на том же самом расстоянии от центра взрыва для ядерного взрыва любой мощности вплоть до 20 мегатонн. Эти данные основаны на допущении, что средняя плотность воздуха, существующая в слое между точкой взрыва и определенной точкой пространства (целью), составляет 0,9 нормального значения плотности воздуха, существующей на уровне моря[1].

Ввиду разнообразия типов ядерного оружия и различия в особенностях гамма-лучей, образующихся в процессе реакции деления и синтеза, а также по другим причинам дозы гамма-излучения, рассчитанные на основе графиков рисунков 8.27а и 8.27б, не могут быть точными. Для мощностей взрыва от 1 до 100 килотонн возможны отклонения в 2 раза, от 100 килотонн до 1 мегатонны — в 5 раз, и выше 1 мегатонны — в 10 раз.

8.28. Метод использования графиков, изображенных на рис. 8.27а и 8.27б, может быть проиллюстрирован примером определения с помощью этих графиков дозы начального гамма-излучения, полученной на расстоянии 1550 м от центра воздушного взрыва мощностью 100 килотонн. Из рис. 8.27а следует, что получаемая на этом расстоянии доза излучения при воздушном взрыве мощностью в 1 килотонну составляет 10 рентген. Коэффициент пересчета для мощности в 100 килотонн,

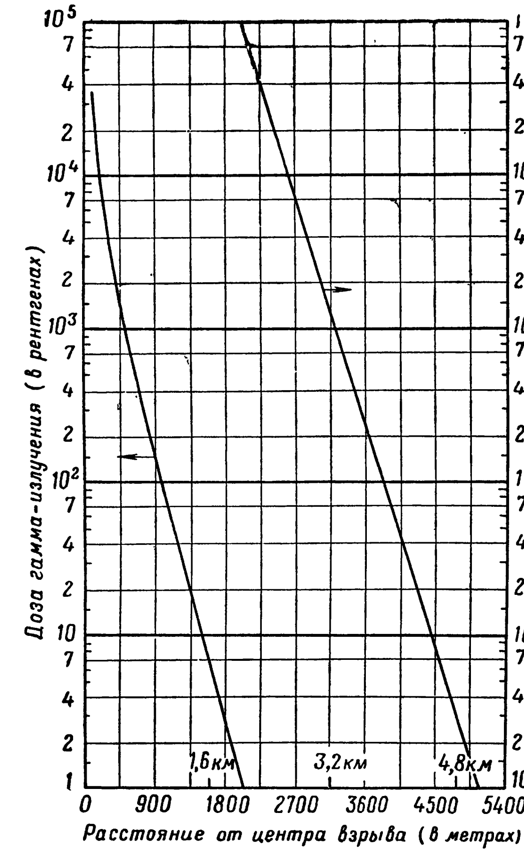


Рис. 8.27а. Зависимость дозы начального гамма-излучения от расстояния от центра воздушного ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну (при плотности атмосферы 0,9 от нормального значения плотности на уровне моря)

[1] Плотность воздуха, рассматриваемая здесь и в последующем, относится к не возмущенному взрывом воздуху.

определяемый из графика на рис. 8.27б, равен 120. Следовательно, в данном случае доза гама-излучения составляет $10 \times 120 = 1200$ рентген.

8.29. Численные значения доз, приведенные на графике рис. 8.27а, зависят в известной степени от плотности слоя воздуха, находящегося между центром взрыва и точкой на поверхности земли, в которой определяется доза облучения. Это объясняется тем, что воздух поглощает часть гамма-излучения в процессе его

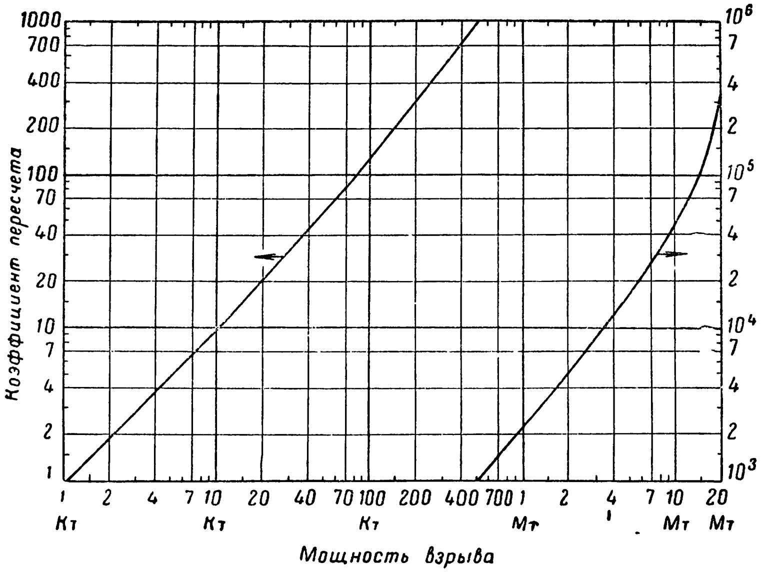


Рис. 8.27б. Коэффициент пересчета дозы начального гамма-излучения

распространения, причем более плотный воздух вблизи поверхности земли поглощает больше излучений, чем менее плотный воздух в верхних слоях атмосферы. Данные, приведенные на графике, относятся к средней плотности слоя воздуха, равной 0,9 нормального значения плотности на уровне моря. Если фактическая плотность воздуха больше или меньше этого значения, то доза гамма-излучения будет соответственно либо уменьшена, либо увеличена.

8.30. Из рис. 8.27б видно, что при взрывах большой мощности значение коэффициента пересчета возрастает быстрее, чем увеличивается мощность взрыва. Например, при взрыве мощностью 100 килотонн коэффициент пересчета равен примерно 120, а при взрыве мощностью 1000 килотонн (1 мегатонна) этот коэффициент равен около 2100. Причиной такого роста коэффициента пересчета является тот факт, что при взрывах большой мощности после прохождения положительной фазы ударной волны возникает более

низкая плотность воздуха. В результате этого наблюдается меньшее ослабление запаздывающих гамма-лучей, испускаемых продуктами деления.

8.31. Дозы гамма-излучения, которые будут наблюдаться при взрывах различной мощности, могут быть определены и другим способом, приведенным на графиках рис. 8.31. Расстояние от центра воздушного взрыва мощностью от 1 килотонны до 10 мегатонн, на которых будут получены определенные дозы начального ядерного излучения, могут быть прочтены непосредственно на этих графиках. Для промежуточных значений доз соответствующие им расстояния от центра взрыва могут быть определены при помощи интерполяции.

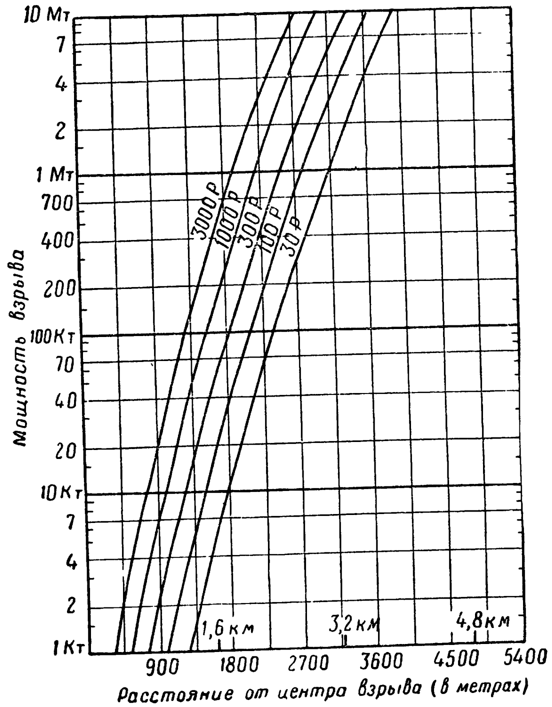


Рис. 8.31. Зависимость между дозой начального гамма-излучения, мощностью взрыва и расстоянием от центра взрыва

8.32. Строго говоря, приведенные выше данные и выводы относятся только к воздушным взрывам. При наземном (надводном) взрыве благодаря присутствию в воздухе пыли и обломков, поднятых вверх взрывом, доза излучения, получаемая на заданном расстоянии от центра взрыва, будет меньше. Следовательно, зависимость величины дозы излучения от расстояния может изменяться с изменением высоты взрыва, особенно в тех случаях, когда взрыв происходит не слишком высоко от поверхности земли. Обычно считается, что доза начального ядерного излучения при наземном взрыве составляет $^2/_3$ величины этой дозы, наблюдаемой на том же расстоянии от центра воздушного взрыва.

Защита от гамма-лучей

8.33. Гамма-лучи, проходя через какое-либо вещество, частично поглощаются (или ослабляются) им. В качестве приближенного правила можно сказать, что степень уменьшения интенсивно-

сти излучения зависит главным образом от массы вещества, находящегося между источником излучения и данной точкой пространства. Это значит, что для ослабления излучения на определенную величину слой вещества, обладающего низкой плотностью, например слой воды, должен иметь гораздо большую толщину, чем слой вещества с высокой плотностью, например слой железа. Строго говоря, полностью поглотить гамма-лучи невозможно. Тем не менее если между источником излучения, например между взорванным ядерным взрывом, и человеком поместить слой защитного материала значительной толщины, то получаемая этим человеком доза может быть уменьшена до безопасной величины.

8.34. Приблизительная способность данного вещества уменьшать интенсивность падающего на него радиоактивного излучения иногда количественно определяется величиной так называемого «слоя десятикратного ослабления», представляющего собой такой слой материала, благодаря которому доза или интенсивность излучения уменьшается до одной десятой значения, наблюдавшегося в момент падения радиоактивного излучения на поверхность этого материала; другими словами, использование слоя материала, обладающего свойством десятикратного ослабления, понизит интенсивность излучения в 10 раз. Следовательно, если бы человек находился на открытой местности, где он мог бы подвергаться воздействию дозы начального гамма-излучения в 500 рентген, но использовал бы при этом для своей защиты соответствующий материал, обладающий свойством десятикратного ослабления, то фактически полученная им доза облучения составила бы всего около 50 рентген. Использование второго слоя такого же защитного материала уменьшит интенсивность излучения также в 10 раз, так что в итоге человек получит дозу в 5 рентген. Каждый новый слой десятикратного ослабления будет уменьшать интенсивность излучения в 10 раз по сравнению с предыдущей ее величиной. Таким образом, один слой десятикратного ослабления уменьшит дозу облучения в 10 раз; два таких слоя уменьшат эту дозу в 10×10, т. е. в 100 раз; три слоя — в 10×10×10, т. е. в 1000 раз и т. д.[1].

8.35. Строго говоря, понятие «слой десятикратного ослабления» применимо лишь к монохроматическому радиоактивному излучению, т. е. к излучению с одинаковым уровнем энергии, который соблюдается даже тогда, когда излучение имеет форму узкого пучка или когда толщина защитного материала относительно мала. В действительности ни одно из этих условий не применимо к случаю защиты от гамма-излучений, возникающих при ядерном взрыве. Энергия гамма-лучей изменяется в широких пределах,

[1] Иногда употребляют термин «слой половинного ослабления», представляющий собой такой слой данного материала, который уменьшает дозу падающего на него излучения до половины ее первоначальной величины. Два таких слоя уменьшают первоначальную дозу до 1/4; три слоя — до 1/8 и т. д.

а сами лучи распространяются на большой площади. Следовательно, определение эффективности данного защитного материала является сложной проблемой, связанной со многими факторами, которые изменяются в различной обстановке. Тем не менее рекомендованные ниже приближенные значения толщины слоя десятикратного ослабления могут до некоторой степени оказаться полезными для ориентировочного определения степени ослабления начального гамма-излучения, которая может быть достигнута при использовании защитного материала данной толщины.

8.36. В таблице 8.36 приведены значения толщины слоя десятикратного ослабления некоторых материалов, которые могут найти применение для защиты от гамма-лучей, испускаемых как продуктами деления в течение первых 10 секунд после взрыва, так и в результате захвата нейтронов атомами азота воздуха (п. 8.9)[1]. Эти определенные виды излучения были избраны по той причине, что они являются основным компонентом начального гамма-излучения. Ниже указывается, что толщина любого материала, необходимая для уменьшения интенсивности гамма-лучей, испускаемых в результате захвата нейтронов азотом, до одной десятой ее первоначального значения, на 50% больше толщины, необходимой для уменьшения до такой же степени гамма-излучений, испускаемых продуктами деления.

Таблица 8.36

Приближенные значения толщины слоя десятикратного ослабления гамма-лучей, испускаемых продуктами деления и в результате захвата нейтронов азотом воздуха

Материал	Плотность (г/см³)	Гамма-лучи, испускаемые в течение 10 секунд продуктами взрыва		Гамма-лучи, испускаемые в результате захвата нейтронов азотом	
		слой десятикратного ослабления (см)	$D \cdot T$ (г/см²)	слой десятикратного ослабления (см)	$D \cdot T$ (г/см²)
1	2	3	4	5	6
Сталь	7,84	9,3	75,0	13,3	107,5
Бетон	2,30	30,0	72,5	45,0	107,5
Грунт	1,60	45,0	75,0	65,0	107,5
Вода	1,00	65,0	65,0	93,0	95,0
Дерево	0,55	125,0	70,0	175,0	100,0

8.37. В 4-м и 6-м столбцах таблицы приводятся величины произведения $D \cdot T$ (г/см²), где D — плотность материала (в г/см³),

[1] Значения толщины слоя десятикратного ослабления приведены по отношению к гамма-лучам, падающим перпендикулярно поверхности защитного материала. Если гамма-лучи падают под углом θ к этой поверхности, то для определения значения толщины слоя десятикратного ослабления необходимо умножить величину этого слоя, взятую из таблицы, на косинус θ (при условии, что $\theta < 45°$).

а T — толщина слоя десятикратного ослабления (в см). Следует отметить, что для данного вида гамма-излучения произведение $D \cdot T$ является почти постоянной величиной. Следовательно, если значение толщины слоя десятикратного ослабления для определенного материала неизвестно, а плотность этого материала известна, то для гамма-лучей, испускаемых продуктами деления, приближенное значение толщины слоя десятикратного ослабления может быть определено из выражения $D \cdot T = 75{,}0$ г/см², а для гамма-лучей, испускаемых в результате захвата нейтронов атомами азота,— из выражения $D \cdot T = 107{,}5$ г/см². Если значение толщины слоя десятикратного ослабления используется для определения защитных свойств данного материала от действия начального ядерного излучения, то рекомендуется брать наибольшие значения, приведенные в таблице 8.36. В результате получатся несколько меньшие значения защитной способности материала по сравнению с фактическими значениями, но в данном случае гораздо лучше недооценить, чем переоценить защитные свойства материала.

8.38. Более точная оценка степени защиты, которую обеспечивает определенный материал, помещаемый между источником излучения и объектом (например, человеком), может быть сделана с учетом ряда коэффициентов. Эти коэффициенты учитывают распределение энергии гамма-излучения, падающего на поверхность защитного материала, угол падения гамма-лучей, а также геометрическую форму, которая придается защитному материалу. С учетом соответствующих допущений для величин различных параметров был построен ряд графиков, которые приведены на рис. 8.38. На этих графиках показана зависимость между коэффициентами ослабления дозы излучения, т. е. части дозы падающего на поверхность материала начального гамма-излучения, которое фактически достигает объекта, и различной толщиной слоя ряда защитных материалов.

8.39. Использование графиков рис. 8.38 может быть проиллюстрировано двумя примерами. Предположим, что в определенной точке пространства доза начального гамма-излучения при условии отсутствия защитного слоя составляет 500 рентген. Какова величина дозы, которая будет получена при использовании защитного слоя грунта толщиной 152 см? На графиках рис. 8.38 определяем значение коэффициента ослабления дозы, соответствующее толщине слоя грунта в 152 см; оно примерно равно $4{,}0 \cdot 10^{-3}$. Таким образом, фактическая доза начального гамма-излучения составит $500 \times 4{,}0 \cdot 10^{-3} = 2$ рентгена. С другой стороны, предположим, что требуется определить толщину слоя бетона, необходимого для ослабления дозы излучения в 500 рентген до 1 рентгена. Соответствующий коэффициент ослабления дозы составляет $\frac{1}{500} = 2 \cdot 10^{-3}$. Для бетона это значение на кривой графика соответствует толщине слоя в 114 см.

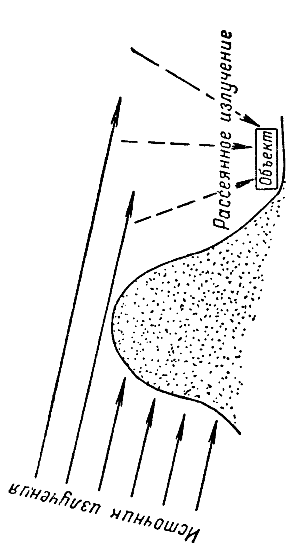


Рис. 8.41а. Облучение объекта рассеянным гамма-излучением

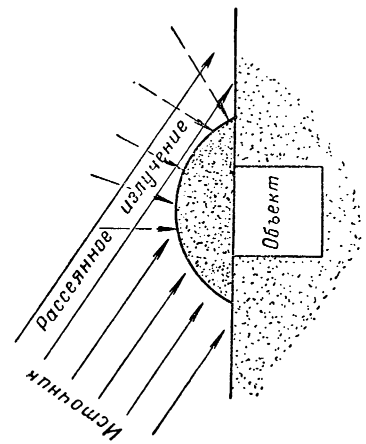


Рис. 8.41б. Объект, защищенный от воздействия рассеянного гамма-излучения

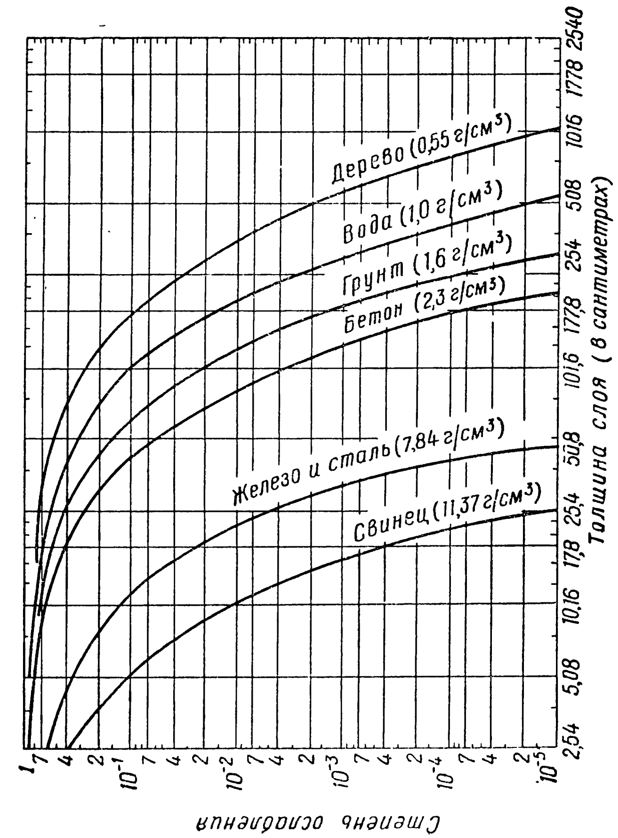


Рис. 8.38. Степень ослабления начального гамма-излучения в зависимости от толщины слоя различных материалов

8.40. В безвоздушном пространстве гамма-лучи распространяются прямолинейно со скоростью света. Однако при прохождении через атмосферу гамма-лучи, подобно световому излучению рассеиваются, особенно кислородом и азотом воздуха. Следовательно, гамма-лучи будут достигать определенного объекта, расположенного на поверхности земли, со многих направлений. Наибольшая часть получаемой при этом дозы поступает со стороны места взрыва, но значительное количество гамма-излучения поступает также и с других направлений. Гамма-излучение, достигающее объекта в результате своего рассеивания в воздухе, называется рассеянным излучением сверху.

8.41. Тот факт, что гамма-лучи могут попадать на объект со всех направлений, приобретает большое значение при решении проблем защиты от ядерного излучения. Человек, укрывшийся за стеной, насыпью или холмом, будет частично защищен от действия прямых гамма-лучей, однако при этом он будет подвергаться воздействию рассеянного излучения (или рассеянного излучения сверху), как это показано пунктирными линиями на рис. 8.41а. Необходимая защита от гамма-лучей может быть обеспечена только в том случае, если укрытие защищает человека со всех сторон (рис. 8.41б). В этом случае можно достичь ослабления как прямых, так и рассеянных излучений. Изменение количества излучения, полученного объектом с различных направлений, называется угловым распределением. Было установлено, что угловое распределение начального гамма-излучения зависит от типа ядерного боеприпаса и от расстояния между объектом и эпицентром взрыва.

Скорость испускания начального гамма-излучения

8.42. При расчетах доз излучения, основанных на графиках рис. 8.27а и 8.27б, предполагалось, что излучение продолжается в течение одной минуты. Однако необходимо иметь некоторые данные и о скорости испускания излучения при ядерном взрыве. Если эти данные известны, то можно составить некоторое представление о величине дозы, которая будет получена в том случае, если удастся избежать воздействия некоторой части излучения, например, посредством использования укрытий в течение одной — двух секунд после появления яркой вспышки взрыва.

8.43. Интенсивность начального гамма-излучения фактически зависит от ряда обстоятельств, из которых наиболее существенными являются мощность взрыва и расстояние от центра взрыва. Зависимость величины получаемой суммарной дозы, выраженной в процентах, от времени облучения для двух различных случаев приводится на рис. 8.43. На одной кривой графика показано изменение дозы во времени на расстоянии 900 м от центра воздушного взрыва мощностью 20 килотонн, а на другой кривой — изменение дозы на расстоянии 2250 м от центра воздушного взрыва мощностью 5 мегатонн. Из графика видно, что около 65% суммарного начального гамма-излучения в первом случае и около 5% этого излучения во втором случае будут получены в течение первой секунды с момента взрыва.

8.44. Если человек в течение одной секунды с момента появления вспышки взрыва сможет укрыться за каким-нибудь массивным предметом, то в некоторых случаях такая мера может спасти ему жизнь. Кривые графика рис. 8.43 показывают, что при ядерном взрыве большой мощности гамма-излучение испускается гораздо медленнее, особенно на первых стадиях, протекающих сразу же после взрыва, чем при взрыве малой мощности. Поэтому при взрывах большой мощности гораздо легче избежать получения значительной дозы начального гамма-излучения.

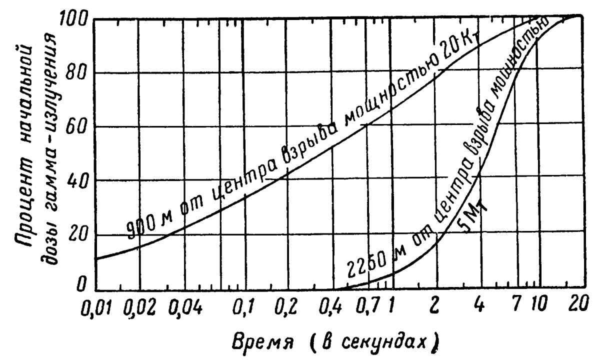


Рис. 8.43. Зависимость дозы начального гамма-излучения (в %) от времени для воздушных взрывов мощностью в 20 килотонн и 5 мегатонн

НЕЙТРОНЫ

Источники нейтронов

8.45. Хотя нейтроны являются ядерными частицами, обладающими значительной массой, а гамма-лучи представляют собой электромагнитные волны, аналогичные рентгеновским лучам, однако их вредное действие на организм по своему характеру одинаково. Подобно гамма-лучам, лишь очень большие дозы нейтронного облучения могут обнаруживаться органами чувств человека. Нейтроны обладают способностью проникать на значительное расстояние в воздухе и вызывать поражения в гораздо большей степени, чем можно было бы ожидать, исходя из той небольшой энергии взрыва, которая приходится на их долю (0,025—1%).

8.46. По существу, все нейтроны, испускаемые при ядерном взрыве, освобождаются либо в процессе деления, либо в процессе синтеза. Все нейтроны, испускаемые в процессе синтеза, и свыше

99% нейтронов, испускаемых в процессе деления, освобождаются почти мгновенно, вероятно, в течение менее миллионной доли секунды с момента взрыва. Эти нейтроны называются мгновенными.

8.47. Кроме того, менее 1% нейтронов деления, называемых запаздывающими нейтронами, испускается в последующее после взрыва время. Однако, поскольку большая часть запаздывающих нейтронов освобождается в течение первой минуты с момента взрыва, они являются составной частью начального ядерного излучения. Некоторая часть нейтронов освобождается также в результате воздействия гамма-лучей, обладающих высокой энергией, на ядра веществ, входящих в состав ядерного боеприпаса. Но эти нейтроны составляют ничтожную часть их общего количества, и поэтому ими можно пренебречь.

8.48. Несмотря на то что мгновенные нейтроны освобождаются почти моментально, они несколько задерживаются при преодолении оболочки взорванного ядерного боеприпаса. Эта задержка возникает в результате многочисленных рассеивающих столкновений нейтронов с ядрами, присутствующими в остатках ядерного боеприпаса. В результате этих столкновений нейтроны проходят сложный зигзагообразный путь, прежде чем они наконец вырвутся наружу. Однако мгновенные нейтроны движутся при этом с такой большой скоростью, что время их задержки составляет менее одной сотой доли секунды с момента взрыва.

8.49. Фактически нейтроны распространяются с меньшей скоростью, чем скорость света. Тем не менее расстояния от центра взрыва, на которых нейтроны представляют опасность, большая их часть пробегает в течение одной секунды с момента взрыва. Таким образом, пассивные меры защиты, о которых говорится в п. 8.44, окажутся малоэффективными с точки зрения уменьшения полученной дозы нейтронов.

8.50. Нейтроны, освобождающиеся в процессе деления, имеют различные уровни энергии, но все они фактически находятся в области высоких энергий. Такие нейтроны с высокими уровнями энергии называются быстрыми нейтронами. В процессе рассеивающего столкновения быстрых нейтронов с ядрами атомов между ними происходит обмен кинетической энергией. Внутри самого ядерного боеприпаса, в котором присутствуют ядра тяжелых атомов, например урана, некоторая часть нейтронов теряет свою энергию в результате неупругого рассеяния, причем эта часть теряемой ими энергии испускается в виде гамма-излучения. При других столкновениях происходит простая передача кинетической энергии быстрых нейтронов бомбардируемым ими ядрам. Эти столкновения называются упругими столкновениями; они не сопровождаются гамма-излучением.

Ввиду многообразности столкновений, которые претерпевают нейтроны с различными ядрами, после прорыва из зоны взрыва в окружающее пространство нейтроны имеют широкий диапазон скоростей (или уровней энергии). Нейтроны, обладающие наименьшей

скоростью, часто называются тепловыми нейтронами, так как они находятся в тепловом (или температурном) равновесии с окружающей средой.

8.51. После того как нейтроны вырвались из окружающей их оболочки взорванного ядерного боеприпаса, они снова подвергаются рассеивающим столкновениям с ядрами азота, кислорода и других элементов, находящихся в атмосфере. Эти столкновения менее часты по сравнению со столкновениями, происходящими внутри ядерного боеприпаса, так как они происходят при более низком давлении и меньшей концентрации ядер в воздухе. Тем не менее результаты этих столкновений имеют важное значение. Прежде всего доля энергии, теряемая нейтроном при одном столкновении с ядром, является в среднем тем большей, чем легче это ядро. Ядра атомов кислорода и азота являются относительно легкими, поэтому нейтроны наиболее значительно замедляются в результате рассеянных столкновений в воздухе.

8.52. Далее, при некоторых столкновениях, особенно при столкновениях с ядрами азота, может произойти захват нейтронов. Вероятность подобного захвата является наибольшей для медленных нейтронов. Следовательно, при прохождении нейтронов через слой воздуха, находящегося между центром взрыва и какой-нибудь точкой пространства, например на поверхности земли, будут происходить многочисленные взаимодействия нейтронов с ядрами воздуха. Быстрые (с высоким уровнем энергии) нейтроны обычно теряют часть своей энергии и превращаются в медленные нейтроны. В то же время для более медленных нейтронов имеется большая вероятность того, что они будут захвачены ядрами и как таковые исчезнут из состава ядерного излучения, хотя обычно захват нейтронов сопровождается испусканием гамма-лучей.

8.53. При измерении потока нейтронов, освобождающихся во время ядерного взрыва, а также при изучении их биологического действия важно иметь некоторые данные о характере распределения энергии нейтронов (или нейтронного спектра) в зависимости от расстояния до центра взрыва. Из серии измерений, осуществленных во время экспериментальных ядерных взрывов в штате Невада в 1955 году, установлено, что для данного типа ядерного боеприпаса (по крайней мере для испытывавшихся видов ядерного оружия) энергетический спектр потока нейтронов остается одинаковым на расстояниях от центра взрыва, которые представляют интерес с точки зрения биологического действия нейтронов. Такой спектр называется равновесным спектром.

8.54. Явление равновесного спектра объясняется сочетанием различных условий, возникающих в процессе прохождения нейтронов через слой воздуха: потеря медленных нейтронов за счет их захвата, например, ядрами азота, сразу же компенсируется процессами, вызывающими замедление быстрых нейтронов. Следовательно, количество нейтронов, обладающих каким-либо определенным уровнем энергии, оказывается в основном постоянным на

всех расстояниях от центра взрыва, представляющих практический интерес. Однако общее количество нейтронов, приходящееся на единицу площади в данной точке пространства, тем меньше, чем дальше эта точка от центра взрыва.

Измерение потока нейтронов

8.55. Нейтроны, являясь электрически нейтральными частицами, при прохождении через вещество не вызывают его ионизацию или возбуждение. Однако они могут вызвать ионизацию косвенным путем, взаимодействуя с некоторыми легкими ядрами. Когда быстрый нейтрон сталкивается, например, с ядром атома водорода, он может передать этому ядру большую часть своей энергии. В результате этого ядро атома водорода освобождается от связанного с ним электрона и начинает двигаться уже в виде протона, обладающего высокой энергией. Такой протон при прохождении через газ способен создавать значительное количество пар ионов. Таким образом, взаимодействие быстрого нейтрона с водородом (или с любым другим веществом, содержащим атомы водорода) может косвенно вызвать ионизацию. Быстрые нейтроны захватываются также атомами азота, в результате чего освобождаются протоны, способные вызвать ионизацию[1].

8.56. Нейтроны, имеющие малые и средние скорости, могут косвенно вызвать ионизацию также и другими путями. При захвате таких нейтронов легким изотопом бора (бор-10) образуются две электрические заряженные частицы — ядро гелия (альфа-частица) и ядро лития,— которые обладают высокой энергией. Обе эти частицы могут вызывать образование пар ионов. Ионизация, вызванная нейтронами косвенным путем, может также явиться результатом деления ядер изотопов плутония или урана. Осколки деления представляют собой электрически заряженные частицы, обладающие высокой энергией и вызывающие на пути своего распространения значительную ионизацию.

8.57. Все указанные выше процессы возникновения ионизации могут быть использованы для обнаружения потока нейтронов и измерения его интенсивности. Обнаруженное количество нейтронов называется нейтронным потоком и характеризует собой плотность нейтронов, т. е. количество нейтронов, приходящееся на единицу объема, а также их среднюю скорость. Приборы, используемые для измерения нейтронного потока, такие, как борные счетчики и камеры деления, по принципу своего действия сходны с дозиметрами, обычно используемыми для измерения гамма-излучений. Разработаны также тканеэквивалентные камеры, в которых ионизация, вызванная нейтронами косвенным путем, сравнивается с уровнем энергии, которая выделилась бы при взаимодействии этих нейтронов с живой тканью.

[1] Ионизация, возникающая в результате взаимодействия быстрых нейтронов с атомами водорода и азота, присутствующими в ткани живого организма, является основной причиной поражающего действия нейтронов на живые организмы.

8.58. Кроме описанных выше методов широкое распространение при обнаружении и измерении нейтронов с различным уровнем энергии получили также методы так называемой «активации фольги». Эти методы основаны на способности некоторых элементов при захвате нейтронов становиться радиоактивными. При соответствующих условиях степень радиоактивности, характеризуемая скоростью испускания радиоактивного излучения, оказывается взаимосвязанной с величиной дозы испускаемых нейтронов, т. е. является результатом нейтронного потока, который исчисляется количеством нейтронов, приходящихся на один квадратный сантиметр. Отсюда, используя соответствующие коэффициенты пересчета, можно определить величину суммарной дозы нейтронов. На практике указанные выше элементы обычно используются в виде тонких листов фольги, которые вызывают минимальное возмущение нейтронного поля. Метод использования тонких листов фольги называется активационным обнаружением, а применяемые при этом элементы — активационными детекторами. Активационный детектор, имеющий заметно выраженную способность реагировать только на поток нейтронов, энергия которых выше определенного порогового уровня, называется пороговым детектором. Поэтому метод использования такого детектора называется методом порогового обнаружения.

8.59. Метод деления, как это видно из его названия, основан на использовании реакции деления. Тонкий слой делящегося материала, например изотопа урана или плутония, подвергается облучению нейтронами. Образующиеся при этом продукты деления обладают высокой радиоактивностью и испускают бета-частицы и гамма-лучи. Путем измерения радиоактивности, возникшей таким образом, можно определить количество делений и, следовательно, интенсивность суммарного потока нейтронов, воздействию которого подвергается делящийся материал.

Зависимость суммарной дозы нейтронов от расстояния

8.60. Основная трудность в определении зависимости величины дозы нейтронов от расстояния от центра взрыва состоит в том, что получаемые результаты изменяются с изменением характеристик взорванного ядерного боеприпаса. Например, материалы, из которых сделан этот боеприпас, оказывают значительное влияние на степень захвата нейтронов и, следовательно, на количество нейтронов деления, прорвавшихся в окружающую среду, а также на их распределение по энергиям. Кроме того, термоядерная реакция, протекающая между дейтерием и тритием, сопровождается освобождением нейтронов, обладающих высокой энергией. Следовательно, можно предполагать, что при ядерном взрыве, часть энергии которого выделяется как следствие термоядерных процессов

(синтеза), доля освобождающихся быстрых нейтронов, обладающих высокой энергией, будет больше, чем при взрыве, возникающем в результате только одной реакции деления.

8.61. Учитывая эти соображения, очевидно, что фактическое количество освобождающихся при взрыве нейтронов, приходящееся

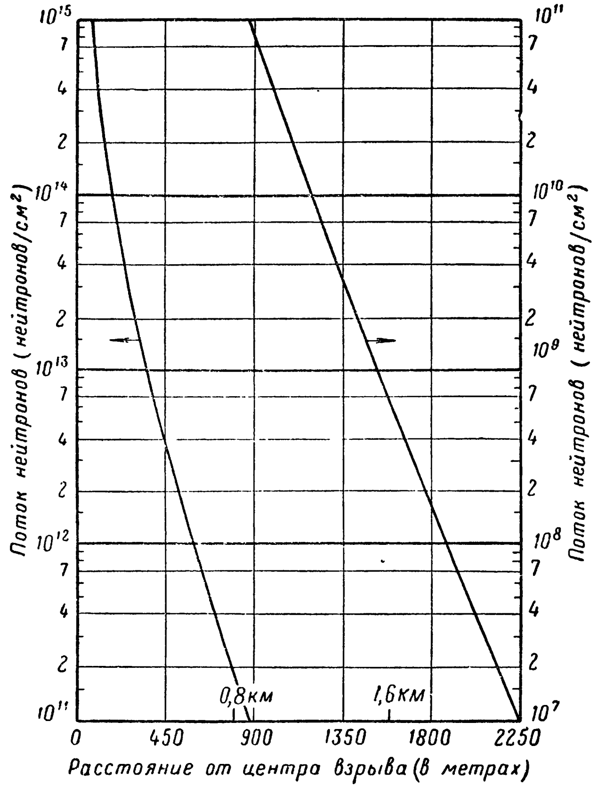


Рис. 8.61. Зависимость суммарной дозы нейтронов от расстояния от центра взрыва мощностью в 1 килотонну (при плотности атмосферы 0,9 от нормального значения плотности на уровне моря)

на одну килотонну мощности взрыва, а также распределение их энергии могут изменяться не только в зависимости от типа ядерного боеприпаса (т. е. от того, основан ли взрыв такого боеприпаса на реакции деления или на реакции синтеза), но также от особенностей различных ядерных боеприпасов одного и того же типа. Следовательно, любая кривая зависимости величины суммарной дозы нейтронов от расстояния должна давать усредненные значения; очевидно, что она не может быть точной для всех возможных случаев. При пользовании кривыми графика, изображенного на

рис. 8.61 для случая воздушного взрыва мощностью в 1 килотонну, необходимо иметь в виду указанное ограничение. На этом графике дается изменение величины дозы нейтронов от расстояния от центра взрыва, исходя из предположения, что плотность воздуха на траектории излучения нейтронов равна 0,9 нормальной плотности атмосферы, наблюдаемой на уровне моря. Для определения приблизительной дозы нейтронов при воздушном взрыве мощностью W килотонн на заданном расстоянии надо величину этой дозы, определенную для этого расстояния из графика рис. 8.61, умножить на значение W. Такой метод приведенного расчета ни в коей мере не является точным, однако он, вероятно, отвечает требованиям практики. Как указывается ниже, доза нейтронов уменьшается по мере увеличения расстояния от центра взрыва, частично из-за того, что нейтроны распространяются на все большей площади и частично в результате поглощения и рассеяния нейтронов.

Защита от нейтронов

8.62. Защита от действия нейтронов является более трудной проблемой, чем защита от гамма-лучей. Для обеспечения защиты от гамма-излучения достаточно поместить между источником гамма-лучей и облучаемым объектом слой материала достаточной массы. Тяжелые металлы, такие, как железо и свинец, обеспечивают хорошую защиту от гамма-лучей вследствие своей высокой плотности. Однако использование только одних этих металлов для защиты от действия нейтронов не дает удовлетворительных результатов. Защитный слой железа лишь несколько ослабит поток нейтронов, освободившихся при ядерном взрыве, однако он окажется менее эффективным, чем некоторые виды защитных экранов, описываемые ниже.

8.63. Ослабление потока нейтронов, испускаемых при ядерном взрыве, характеризуется несколькими различными явлениями. Во-первых, очень быстрые нейтроны должны быть замедлены до средних скоростей; для этого требуется соответствующий материал, обладающий способностью неупруго рассеивать нейтроны, например материал, содержащий барий или железо. Во-вторых, нейтроны, обладающие средними скоростями, должны быть замедлены до малых скоростей при помощи материалов, содержащих элементы с небольшим атомным весом, которые обладают способностью упругого рассеяния нейтронов. В этом отношении наиболее подходящим материалом является вода, поскольку оба элемента, из которых она состоит,— водород и кислород — имеют небольшие атомные веса. В-третьих, медленные (тепловые) нейтроны должны быть поглощены. Это не представляет трудности, поскольку водород, присутствующий в воде, будет способствовать поглощению тепловых нейтронов. Однако большая часть реакций захвата ней-

тронов, к сожалению, сопровождается испусканием гамма-лучей. Следовательно, для ослабления до минимума прошедших через слой защитного материала гамма-излучений, возникших в результате захвата нейтронов, необходимо включать в состав этого материала компоненты, обладающие хорошей способностью ослаблять гамма-лучи.

8.64. Вообще бетон или сырой грунт обеспечивают достаточную защиту от нейтронов, а также от гамма-лучей. Хотя эти материалы обычно не содержат элементов с большим атомным весом, однако они имеют довольно большое количество водорода, обеспечивающего замедление и захват нейтронов, а также кальция, кремния и кислорода, поглощающих гамма-излучение. Например, слой бетона толщиной в 25 см уменьшает дозу нейтронов примерно в 10 раз, а слой толщиной в 50 см — приблизительно в 100 раз. Начальное гамма-излучение будет ослабляться в несколько меньшей степени, но при достаточно большой толщине бетона он может быть использован для защиты как от нейтронов, так и от гамма-лучей, испускаемых при ядерном взрыве. Сырой грунт, как можно предполагать, будет вести себя таким же образом, хотя для обеспечения адекватной защиты потребуется увеличение слоя сырого грунта на 50% по сравнению с толщиной слоя бетона.

8.65. Увеличение степени поглощения ядерных излучений может быть достигнуто посредством использования «тяжелого» бетона, приготовленного путем добавления к обычной бетонной смеси значительного количества железной руды (окиси железа), например бурого железняка (лимонита), и включения в него небольших кусочков железа, например отходов, образующихся при штамповке стальных изделий. Вместо указанных материалов в бетон могут быть включены минералы, содержащие в своем составе барий. Присутствие в защитном материале тяжелого элемента улучшает при данной толщине (или объеме) его экранирующее свойство как от действия нейтронов, так и от гамма-лучей. Для ослабления суммарной дозы нейтронов в 10 раз требуется слой тяжелого бетона толщиной примерно в 18 см.

8.66. Наличие бора или его соединений в составе материалов, предназначенных для защиты от нейтронов, имеет ряд преимуществ. Легкий изотоп бора (бор-10) значительно лучше захватывает медленные нейтроны, причем этот процесс сопровождается испусканием гамма-лучей средней энергии (0,48 Мэв), которые довольно легко могут быть ослаблены. Следовательно, для улучшения способности бетона к поглощению нейтронов в него можно добавить минерал колеманит, содержащий в своем составе большое количество бора.

8.67. Выше указывалось, что из-за рассеяния гамма-лучей экранирующий материал должен обеспечивать защиту со всех направлений. Примерно такая же картина наблюдается и при организации защиты от нейтронов. Нейтроны при прохождении через

воздух сильно рассеиваются, так что, когда они достигают поверхности земли, даже на среднем расстоянии от центра взрыва, направления их движения оказываются самыми разнообразными. Поэтому частичная защита от поражения нейтронами может быть достигнута путем использования различных предметов или сооружений, обеспечивающих защиту от действия прямого нейтронного потока, идущего со стороны взрыва, хотя более лучшая защита, как и в случае гамма-излучений, может быть обеспечена путем использования убежища, которое экранировано со всех сторон.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ С НАЧАЛЬНЫМ ЯДЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Взаимодействие гамма-лучей с веществом

8.68. Существует три основных типа взаимодействия гамма-лучей с веществом, в результате которых происходит рассеяние или поглощение фотонов гамма-излучения. Первый из них называется эффектом Комптона. При этом взаимодействии первичный фотон гамма-излучения сталкивается с одним из электронов атома, в результате чего часть энергии этого фотона передается электрону. Затем вторичный фотон, обладающий уже меньшей энергией, изменяет свое направление и движется под некоторым углом по отношению к направлению движения первичного фотона. Следовательно, в результате эффекта Комптона происходит изменение направления (или рассеяние) фотонов гамма-излучения и уменьшение их энергии. Электрон, который при столкновении с первичным фотоном отскакивает и при этом сохраняет энергию и момент движения, называется электроном Комптона (или электроном отдачи).

8.69. Общая величина рассеянной энергии электронов Комптона, приходящаяся на один атом вещества, с которым взаимодействуют гамма-лучи, пропорциональна количеству электронов в атоме, т. е. атомному номеру элемента. Следовательно, величина рассеянной энергии электрона Комптона, приходящаяся на один атом, больше для элементов, имеющих больший атомный номер, чем для элементов с малым атомным номером. Для всех элементов, независимо от их атомного номера, величина рассеянной энергии электронов Комптона быстро уменьшается с увеличением энергии гамма-излучения.

8.70. Вторым типом взаимодействия гамма-лучей с веществом является фотоэлектрический эффект. Фотон, обладающий энергией, несколько превышающей энергию связи электрона в атоме, передает всю свою энергию электрону, который вследствие этого вырывается из атома. Фотон, вызвав фотоэлектрический эффект и потеряв всю свою энергию, прекращает свое существование. В этом отношении это явление отличается от эффекта Комптона, при

котором фотон после взаимодействия с электроном не исчезает, а все еще сохраняется, хотя и с более меньшей энергией. Величина потерянной энергии при фотоэлектрическом эффекте, приходящаяся на один атом вещества, подобно эффекту Комптона, возрастает с увеличением атомного номера элемента, через который проходят гамма-лучи, и быстро уменьшается по мере увеличения энергии фотона.

8.71. Третьим типом взаимодействия гамма-излучения с веществом является процесс образования пар. Когда фотон гамма-излучения, энергия которого превышает 1,02 *Мэв*, проходит вблизи ядра атома, он может превратиться в пару других материальных частиц, а именно в позитрон и электрон. Как и в случае фотоэлектрического эффекта, в процессе образования пар происходит исчезновение фотона гамма-излучения. Однако вскоре после этого позитрон взаимодействует с электроном, в результате чего образуются два фотона, энергия которых меньше энергии первоначального фотона. Интенсивность процесса образования пар в пределах одного атома, так же как и интенсивность процессов при других видах взаимодействия, увеличивается с ростом атомного номера элемента, но она также увеличивается и с ростом энергии фотона, начиная с 1,02 *Мэв*.

8.72. Из рассмотрения трех описанных выше типов взаимодействия следует, что во всех случаях интенсивность взаимодействия, отнесенная к одному атому, возрастает с увеличением атомного номера (или атомного веса) элемента, через который проходят гамма-лучи. Кроме того, каждый акт взаимодействия сопровождается либо полным исчезновением фотона, либо уменьшением его энергии. Конечным результатом является некоторое уменьшение интенсивности гамма-лучей. Поскольку существует примерная зависимость между атомным номером и плотностью вещества, то количество атомов, приходящееся на единицу объема, для разных веществ остается примерно одинаковым. Поэтому данный объем (или толщина) материала, содержащего элементы с большим атомным весом (тяжелые элементы), будет обеспечивать более эффективную защиту от гамма-лучей, чем такой же объем (или толщина) материала, содержащего только элементы с малым атомным весом (легкие элементы). Иллюстрация этого различия в поведении указанных материалов приводится ниже.

8.73. Другой важной особенностью является то, что вероятность возникновения эффекта Комптона и фотоэлектрического эффекта (в пределах одного атома) понижается с увеличением энергии фотонов гамма-излучения. Однако вероятность образования пар, которое начинается при энергии фотонов, равной 1,02 *Мэв*, увеличивается по мере роста энергии фотонов сверх этой величины. Сопоставление различных ослабляющих эффектов показывает, что при некоторой энергии фотонов, превышающей 1,02 Мэв, поглощение гамма-излучения определенным материалом должно быть минимальным.

Коэффициенты поглощения гамма-лучей

8.74. Если узкий (или коллимационный) пучок гамма-лучей определенной энергии, имеющий интенсивность I_0[1], падает на слой данного материала толщиной x, то интенсивность I гамма-лучей, прошедших через этот слой, может быть выражена уравнением

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \qquad (8.74.1)$$

где μ представляет собой линейный коэффициент поглощения. Толщина слоя материала x обычно выражается в сантиметрах, поэтому соответствующей единицей измерения величины μ являются сантиметры в минусовой степени ($см^{-1}$). Значение μ для любого материала и для гамма-лучей определенной энергии пропорционально сумме числовых значений эффекта Комптона, фотоэлектрического эффекта и эффекта образования пар. Из уравнения (8.74.1) видно, что для данной толщины слоя материала x интенсивность или доза I проходящих через этот слой гамма-лучей будет тем меньше, чем больше величина μ. Другими словами, линейный коэффициент поглощения любого материала является мерой защитной способности слоя этого материала определенной толщины, например одного сантиметра, одного метра и т. д.

8.75. Значение μ при любых заданных условиях может быть найдено с помощью уравнения (8.74.1) путем определения интенсивности или дозы гамма-лучей до (I_0) и после (I) их прохождения через слой материала известной толщины x. Некоторые данные, определенные таким путем для гамма-лучей с энергией от 0,5 до 10 Мэв, приведены в таблице 8.75. Данные, относящиеся к бетону, применимы для обычного бетона с плотностью 2,3 г/см³. Для специального тяжелого бетона, содержащего железо, окись железа или бариты, значение коэффициентов увеличивается приблизительно пропорционально плотности.

Таблица 8.7

Значение линейных коэффициентов поглощения для гамма-лучей

Энергия гамма лучей (Мэв)	Линейный коэффициент поглощения μ ($см^{-1}$)				
	воздух	вода	бетон	железо	свинец
0,5	$1{,}11\cdot10^{-4}$	0,097	0,22	0,66	1,7
1,0	$0{,}81\cdot10^{-4}$	0,071	0,15	0,47	0,80
2,0	$0{,}57\cdot10^{-4}$	0,049	0,11	0,33	0,52
3,0	$0{,}46\cdot10^{-4}$	0,040	0,088	0,28	0,47
4,0	$0{,}41\cdot10^{-4}$	0,034	0,078	0,26	0,47
5,0	$0{,}35\cdot10^{-4}$	0,030	0,071	0,25	0,50
10,0	$0{,}26\cdot10^{-4}$	0,022	0,060	0,23	0,61

[1] Интенсивность излучения определяется как скорость испускания энергии (монохроматического излучения), приходящейся на единицу площади. Уравнение (8.74.1) можно использовать для определения ослабления суммарной (аккумулированной) дозы, полученной на данном расстоянии человеком, находящимся в укрытии либо на открытой местности.

8.76. Посредством соответствующих измерений и теоретических расчетов можно определить в отдельности значения эффекта Комптона ($\mu_{рас}$), фотоэлектрического эффекта ($\mu_{ф.э}$) и эффекта образования пар ($\mu_{пар}$), которые в сумме дают величину полного линейного коэффициента поглощения ($\mu_{полн}$). На рис. 8.76а приводятся значения линейного коэффициента поглощения гамма-лучей для свинца, типичного тяжелого элемента (с большим атомным весом), характеризуемого большим коэффициентом поглощения; на рис. 8.76б даются значения линейного коэффициента поглощения гамма-лучей для воздуха, представляющего собой смесь легких элементов (с малым атомным весом), для которой характерен малый коэффициент поглощения.

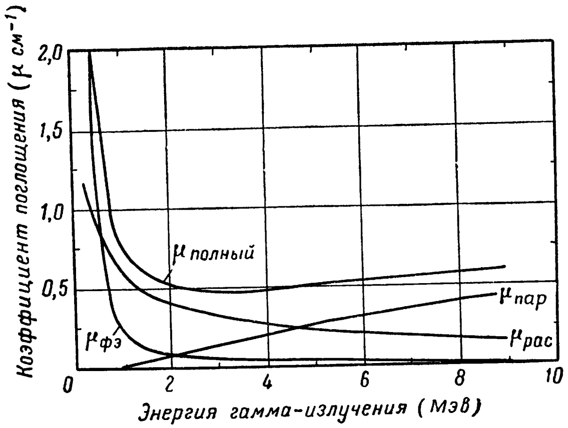


Рис. 8.76а. Зависимость линейного коэффициента поглощения от энергии гамма-излучения (для свинца)

Из рисунков видно, что при малой энергии гамма-лучей линейный коэффициент поглощения во всех случаях уменьшается с увеличением энергии гамма-излучения. Это обусловлено влиянием эффекта Комптона и фотоэлектрического эффекта. При увеличении энергии фотонов сверх 1,02 Мэв все бо́льшее значение начинает приобретать эффект образования пар. Поэтому при достаточно больших значениях энергии гамма-излучения коэффициент поглощения начинает возрастать после достижения определенного минимального значения. Это видно из рис. 8.76а и таблицы 8.75. Для элементов с меньшим атомным весом увеличение коэффициента поглощения

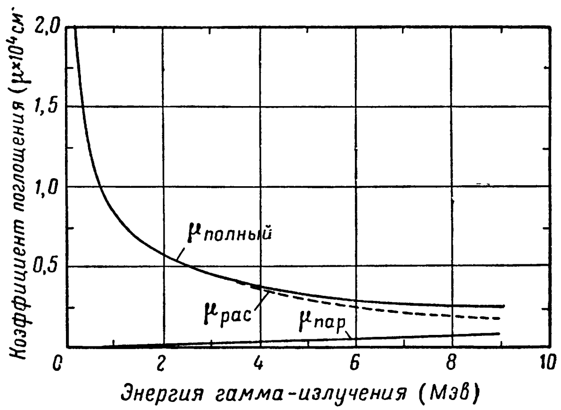


Рис. 8.76б. Зависимость линейного коэффициента поглощения от энергии гамма-излучения (для воздуха)

начинается лишь после того, как энергия гамма-излучения достигает высокого уровня, например около 17 Мэв для бетона и около 50 Мэв для воды.

8.77. Тот факт, что значение коэффициента поглощения уменьшается при увеличении энергии гамма-излучения, имеет важное значение при решении проблем защиты. Например, защитный слой, предназначенный для ослабления гамма-лучей, имеющих энергию в 1 Мэв, будет гораздо менее эффективен в ослаблении гамма-излучений с энергией 10 Мэв вследствие меньшего значения коэффициента поглощения, независимо от материала, из которого образован защитный слой.

8.78. Анализ данных таблицы 8.75 показывает, что для любой заданной величины энергии гамма-излучения значение линейного коэффициента поглощения увеличивается по мере увеличения плотности материала. Таким образом, слой плотного материала данной толщины будет ослаблять гамма-излучение в бо́льшей степени, чем слой материала такой же толщины, но меньшей плотности.

Массовый коэффициент поглощения

8.79. Было установлено, что в первом приближении линейный коэффициент поглощения гамма-лучей определенной энергии пропорционален плотности поглощающего (экранирующего) материала. Это означает, что отношение значения линейного коэффициента поглощения материала к его плотности, называемое массовым коэффициентом поглощения, при данной энергии гамма-лучей остается примерно одинаковым для всех веществ. Это положение особенно справедливо для элементов с малым и средним атомным весом (включая железо, атомный вес которого равен 56), у которых величина общего коэффициента поглощения для энергий порядка нескольких миллионов электронвольт определяется в основном значением эффекта Комптона. Эффективный массовый коэффициент поглощения начального гамма-излучения для воды, бетона, грунта и железа равен примерно 0,023, при этом плотность этих материалов выражается в граммах на кубический сантиметр.

8.80. Обозначив плотность защитного материала через ρ, уравнение (8.74.1) можно переписать в следующем виде:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu x} = e^{-(\mu/\rho)(\rho x)}, \qquad (8.80.1)$$

где $\frac{I}{I_0}$ — степень поглощения гамма-лучей слоем защитного материала толщиной x см;

μ/ρ — массовый коэффициент поглощения.

Приняв μ/ρ для начального гамма-излучения равным 0,023, получаем на основе уравнения (8.80.1) значение степени поглощения

$$\frac{I}{I_0} \approx e^{-0{,}023\rho x} \approx 10^{-0{,}01\rho x}. \qquad (8.80.2)$$

При отсутствии более точных данных это выражение можно использовать для приближенного определения степени поглощения гамма-лучей любым материалом известной плотности и толщиной x см, состоящим из элементов с небольшим или средним атомным весом.

8.81. Понятие слоя десятикратного ослабления основано на уравнении (8.74.1). Для толщины такого слоя степень поглощения гамма-лучей равна 0,1, и если эта толщина имеет значение $x_{0,1}$, то из этого следует, что

$$0{,}1 = e^{-\mu x_{0,1}}$$

или

$$x_{0,1} = \frac{2{,}30}{\mu} \text{ см.} \qquad (8.81.1)$$

Если для начального гамма-излучения значения μ/ρ принять равным 0,023, то можно записать, что

$$x_{0,1} \approx \frac{100}{\rho} \text{ см,}$$

где ρ — плотность материала в граммах на кубический сантиметр. Значения толщины слоя десятикратного ослабления, полученные на основе указанного приближенного выражения, находятся в соответствии с данными таблицы 8.36 для гамма-лучей, испускаемых в результате захвата нейтронов атомами азота.

Толстые защитные преграды. Коэффициент возрастания

8.82. Строго говоря, уравнение (8.74.1) применимо лишь к случаям, при которых фотоны, рассеиваемые в результате взаимодействия, можно считать полностью удаленными из состава пучка гамма-лучей. Такое положение справедливо для узких пучков или для защитных слоев средней толщины; однако оно не применимо по отношению к широким пучкам гамма-лучей или к защитным слоям большой толщины. В последних случаях фотон, перед тем как пройти сквозь защитный слой, может претерпеть многократное рассеяние. Для широких пучков излучения и толстых защитных слоев, представляющих интерес с точки зрения защиты от ядерных взрывов, величина интенсивности (или дозы) излучения I, проходящего через защитный слой, оказывается больше, чем величина, получаемая из уравнения (8.74.1).

Влияние многократного рассеяния излучений учитывается путем введения в это уравнение коэффициента возрастания, обозначаемого через $B(x)$, значение которого зависит от толщины слоя защитного материала, природы этого материала и величины энергии гамма-излучения. Таким образом, уравнение (8.74.1) может быть записано в виде

$$I = I_0 B(x) e^{-\mu x}.$$

Значение коэффициента возрастания для целого ряда элементов и различных условий были определены на основе теоретических соображений относительно рассеивания фотонов электронами. Тот факт, что эти значения чаще всего находятся в пределах от 10 до 100, показывает на возможность получения серьезных погрешностей в результатах при применении уравнения (8.74.1) для определения ослабления гамма-лучей толстыми защитными преградами.

8.83. Уравнение (8.74.1) и другие уравнения, выведенные на его основе, а также понятие слоя десятикратного ослабления применимы только к монохроматическим излучениям и тонким защитным слоям, для которых коэффициент возрастания равен единице. Однако, приняв массовый коэффициент поглощения начального гамма-излучения равным 0,023, мы тем самым приблизительно (эмпирически) учли и скорректировали влияние многократного рассеяния фотонов как для полихроматического гамма-излучения, испускаемого при ядерном взрыве, так и для коэффициента возрастания. Следовательно, выражения, приведенные в п. 8.80 и 8.81, в некоторой степени справедливы и к случаю ослабления начального гамма-излучения толстыми защитными преградами.

Спектр начального гамма-излучения

8.84. Как было указано выше, начальное гамма-излучение возникает от трех основных источников, а именно: 1) в результате захвата нейтронов и их неупругого рассеяния веществами, входящими в состав ядерного боеприпаса; 2) в результате захвата нейтронов азотом воздуха и 3) от продуктов деления в течение первой минуты с момента взрыва. Однако основная часть начального гамма-излучения испускается двумя последними источниками. Величина эффективной энергии гамма-излучения, испускаемого в результате захвата нейтронов азотом, составляет примерно 6,5 Мэв, а величина энергии гамма-излучения, испускаемого в течение первой минуты с момента взрыва продуктами деления, составляет около 2 Мэв. После своего пробега в воздухе некоторые фотоны как следствие эффекта Комптона теряют свою энергию, и поэтому эти фотоны, а также некоторая часть других фотонов, особенно имеющих небольшую энергию, оказываются поглощенными. Таким образом, возрастает доля гамма-лучей, обладающих большой энергией.

8.85. Данные относительно распределения энергии (или энергетического спектра) начального гамма-излучения имеют важное значение, так как восприимчивость живых организмов, поглощающая способность воздуха и защитных материалов, а также чувствительность дозиметрических приборов в сильной степени зависят от этого распределения энергии. Однако энергетический спектр, наблюдаемый на значительном расстоянии от места взры-

ва, отличается от спектра, наблюдаемого на любом другом расстоянии, так как различные компоненты этого спектра по-различному уменьшают свою энергию и поглощаются при прохождении через воздух или другую среду, ослабляющую гамма-лучи. Тем не менее данные о спектре начального гамма-излучения в его источнике, т. е. во взорванном ядерном боеприпасе, в сочетании с данными о рассеянии и поглощении фотонов различной энергии в окружающей среде, могут быть использованы для приближенного определения спектра гамма-излучения на заданном расстоянии от центра взрыва. На рис. 8.85 приведен пример, характеризующий спектр начального гамма-излучения, наблюдаемого на расстоянии 1800 м от центра взрыва мощностью около 20 килотонн. Из рисунка видно, что в той точке, где доза излучения (в рентгенах) была уменьшена в несколько тысяч раз, около 70% фотонов гамма-излучения имеют энергию, равную менее 0,75 Мэв. Это обстоятельство необходимо учитывать при планировании защиты, т. е. особое внимание должно быть уделено фотонам, имеющим большую энергию и обычно наиболее трудно поглощаемым.

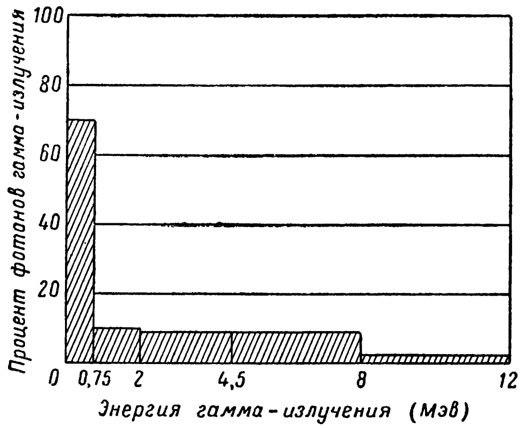


Рис. 8.85. Спектр начального гамма-излучения на расстоянии 1800 м от центра ядерного взрыва мощностью 20 килотонн

Взаимодействие нейтронов с веществом

8.86. Взаимодействие нейтронов с веществом сильно отличается от взаимодействия фотонов гамма-излучения. В противоположность фотонам нейтроны находятся под незначительным воздействием электронов, однако с ядрами атомов, присутствующими в веществе в разнообразном сочетании, они взаимодействуют различными способами. Существует два основных вида взаимодействия нейтронов с ядрами, а именно — рассеяние и поглощение. Как уже указывалось, рассеяние может быть либо неупругим, либо упругим. При неупругом рассеянии часть кинетической энергии нейтрона превращается во внутреннюю энергию бомбардируемого им ядра (или энергию возбуждения); эта энергия затем испускается в виде гамма-излучения. Для того чтобы произошло неупругое рассеяние, необходимо, чтобы нейтрон первоначально

имел достаточную энергию, под действием которой ядро перешло бы в возбужденное состояние. Величина этой энергии зависит от природы ядра и у различных элементов изменяется в широких пределах. Однако в качестве приближенного правила можно сказать, что для многих, но не для всех тяжелых или умеренно тяжелых ядер энергия нейтронов, при которой возможно неупругое их рассеяние, должна составлять не менее 0,5 Мэв. Для более легких ядер неупругое рассеяние возможно только в том случае, если нейтроны обладают гораздо бо́льшей энергией; например, для кислорода эта энергия должна составлять 6 Мэв. Нейтроны, энергия которых меньше определенного порога, характерного для ядер, присутствующих в данном веществе, не будут подвергаться неупругому рассеянию.

8.87. При упругом рассеянии взаимодействие нейтрона с ядром похоже на столкновение двух биллиардных шаров; при таком столкновении кинетическая энергия сохраняется и передается от одной частицы к другой. При этом не происходит никакого превращения энергии нейтронов в энергию возбуждения ядер, а сам процесс столкновения не сопровождается никаким гамма-излучением. В противоположность неупругому рассеянию упругое рассеяние может происходить с нейтронами всех энергий и с любыми ядрами. При данном значении угла падения часть кинетической энергии нейтрона, передаваемая ядру, с которым он сталкивается, зависит только от массы этого ядра. Чем меньше масса ядра, тем больше энергия, передаваемая ему нейтроном. Теоретически вся кинетическая энергия нейтрона при его столкновении с ядром водорода (протоном) могла бы быть передана этому ядру за одно-единственное столкновение. В действительности же наиболее легкий элемент — водород является лучшим средством эффективного уменьшения энергии быстрых нейтронов, энергия которых меньше 0,5 Мэв. Поэтому водород, присутствующий, например, в воде, является важнейшим компонентом экранов, защищающих от действия нейтронов. Для замедления нейтронов с энергией более 0,5 Мэв гораздо лучше использовать явление неупругого рассеяния. Хорошим средством для этого могут служить тяжелые элементы, включенные в состав специальных типов бетона, о которых указывалось в п. 8.65.

8.88. Второй основной вид взаимодействия нейтронов с веществом связан с полным захватом нейтронов. Радиоактивный захват, описанный в п. 8.08, принадлежит к числу наиболее распространенных видов реакций захвата. Вероятность захвата больше у медленных нейтронов, чем у нейтронов, обладающих большой энергией. Большинство легких ядер, например ядра углерода или кислорода, проявляют незначительную тенденцию к радиоактивному захвату нейтронов, однако другие ядра, особенно имеющие среднюю или значительную величину массы, очень легко вступают в такого рода взаимодействия. Обычно продукт реакции радиоактивного захвата сам является радиоактивным.

8.89. Следующим видом реакций захвата нейтронов являются реакции, при которых движущийся нейтрон проникает в ядро вещества, в результате чего образуется новое ядро более сложного состава; это новое ядро обладает достаточной энергией возбуждения, под действием которой оно начинает испускать другую частицу, например протон, дейтрон или альфа-частицу. Остаток такого ядра часто находится в возбужденном состоянии, и избыток своей энергии он испускает в виде фотона гамма-излучения. Этот вид взаимодействия обычно происходит между легкими ядрами и быстрыми нейтронами, хотя, например, с ядрами лития-7 и бора-10 реакция захвата происходит с медленными нейтронами. Особый интерес представляет взаимодействие азота с быстрыми нейтронами, которое сопровождается испусканием фотона и образованием радиоактивного изотопа — углерода-14 (п. 9.34).

8.90. Конечно, реакция деления также является формой взаимодействия нейтронов с веществом. Но поскольку эта реакция касается незначительного количества изотопов и о ней было подробно рассказано в главе 1, то в дальнейшем она не будет рассматриваться.

8.91. Вероятность взаимодействия нейтронов с ядрами количественно может быть выражена через понятие так называемого «поперечного сечения захвата нейтронов», которое можно рассматривать как эффективную площадь определенного ядра при данной реакции захвата и как меру вероятности взаимодействия нейтрона определенной энергии с веществом. Каждый изотоп имеет характерное для него поперечное сечение рассеяния нейтронов, поперечное сечение захвата нейтронов и т. д. Общее поперечное сечение представляет собой сумму отдельных, поперечных сечений для одиночных взаимодействий. Как отдельные, так и общие поперечные сечения захвата нейтронов изменяются в зависимости от величины энергии нейтрона.

8.92. Поперечные сечения захвата нейтронов при взаимодействии последних с ядрами физически эквивалентны отношению линейного коэффициента поглощения (для гамма-лучей) к числу ядер в единице объема вещества. В действительности для определения степени ослабления узкого монохроматического пучка нейтронов при прохождении его через вещество может быть использовано выражение подобное уравнению (8.74.1). Однако ввиду того что нейтроны, входящие в состав начального ядерного излучения, не являются монохроматическими по своей энергии и ввиду сильной зависимости величины поперечного сечения захвата нейтронов от их энергии, уравнение, подобное уравнению (8.74.1), не может быть использовано для расчета степени ослабления дозы нейтронов.

Расчеты по защите от нейтронов могут быть выполнены с использованием поперечных сечений, распределения энергии нейтронов в пространстве и по направлению, а также других данных; однако эти расчеты очень сложны и здесь не рассматриваются.

Энергетический спектр нейтронов

8.93. Энергия нейтронов, достигающих определенного расстояния от центра ядерного взрыва, колеблется в широких пределах, от нескольких миллионов до долей электронвольта. Определение полного энергетического спектра нейтронов практически невозможно. Поэтому единственным способом такого определения должно явиться измерение дозы нейтронов на нескольких определенных расстояниях от центра взрыва; по результатам этих измерений можно получить общее представление об энергетическом спектре нейтронов.

8.94. Измерения подобного рода осуществляются с помощью пороговых детекторов в виде фольги, состоящей из активированных или делящихся под действием нейтронов веществ (пп. 8.58 и 8.59). Например, наведенная радиоактивность серы вызывается захватом нейтронов, энергия которых превышает 3 Мэв; если же энергия нейтронов меньше этого значения, наведенная радиоактивность серы не возникает. Следовательно, степень активации фольги, содержащей в своем составе серу, является мерой интенсивности потока нейтронов, обладающих энергией выше 3 Мэв. Таким же образом для интенсивного деления урана-238 требуется наличие нейтронов с энергией 1,5 Мэв или более; таким образом, по активности продуктов деления можно определить интенсивность потока нейтронов, обладающих энергией выше 1,5 Мэв. Разница между данными, получаемыми на основе описанных выше способов, определяет интенсивность нейтронов, имеющих энергию в пределах от 1,5 до 3 Мэв. Другими материалами, которые используются таким же образом в виде фольги, являются нептуний-237, порог деления которого составляет 0,75 Мэв, плутоний-239 (экранированный бором), порог деления которого составляет 200 эв, а также золото, которое активируется медленными нейтронами.

8.95. Результаты ряда измерений, осуществленных на различных расстояниях от центра взрыва, произведенного при испытании ядерного оружия, приводятся на графике рис. 8.95. На этом графике показана зависимость произведения ND^2, отложенного по вертикальной оси в логарифмическом масштабе, от расстояния D, отложенного по горизонтальной оси в линейном масштабе. В данном случае N представляет собой количество нейтронов, приходящихся на 1 $см^2$, т. е. дозу нейтронов, которая вызывает деление или активацию содержащихся в фольге определенных веществ на расстоянии D метров от центра взрыва.

8.96. Из графика видно, что различные линии, как и следовало ожидать, имеют наклон в правую сторону, показывая тем самым последовательное уменьшение интенсивности нейтронного потока с различными значениями энергии по мере увеличения расстояния от центра взрыва. Однако наиболее важным фактом является то, что все линии на графике почти параллельны друг другу. Следовательно, хотя общее количество нейтронов, приходящихся на

один квадратный сантиметр, и уменьшается с увеличением расстояния, однако на всем протяжении от центра взрыва, по существу, сохраняется одно и то же соотношение между количеством нейтронов с различным уровнем энергии. Другими словами, на протяжении значительных расстояний от центра взрыва наблю-

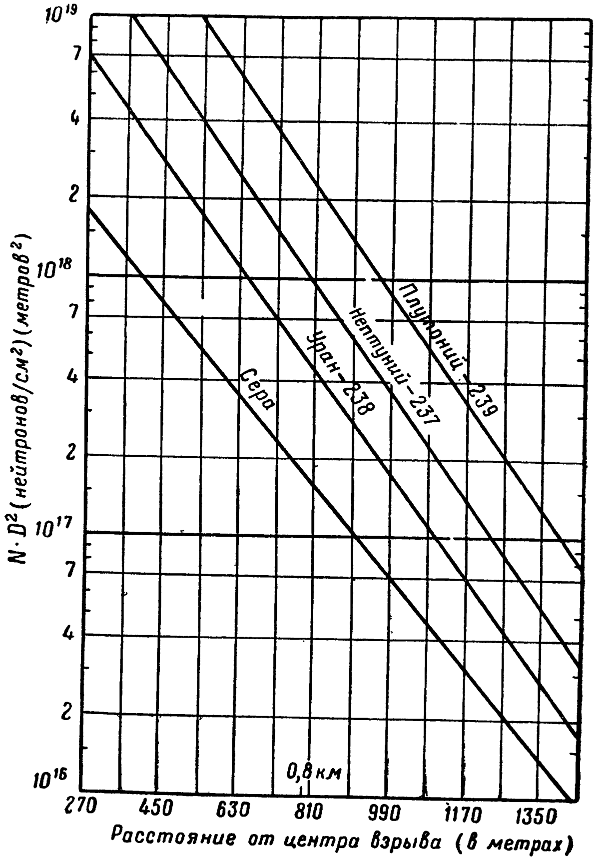


Рис. 8.95. Зависимость произведения ND^2 от расстояния, выведенная по результатам измерений при помощи пороговых детекторов

дается равновесный нейтронный спектр, в котором распределение энергии нейтронов в составе начального ядерного излучения не зависит от расстояния от центра взрыва. Типичный равновесный нейтронный спектр в диапазоне энергий, превышающих 200 эв, приводится на рис. 8.96.

8.97. Из рассмотренных выше фактов вытекает, что вполне возможно рассматривать все нейтроны как единую группу с определенным распределением энергии, независимо от расстояния до

центра взрыва. Таким образом, допуская наличие равновесного спектра, будет вполне достаточно произвести при помощи порогового детектора измерение нейтронного спектра, чтобы определить суммарный поток нейтронов на любом заданном расстоянии от

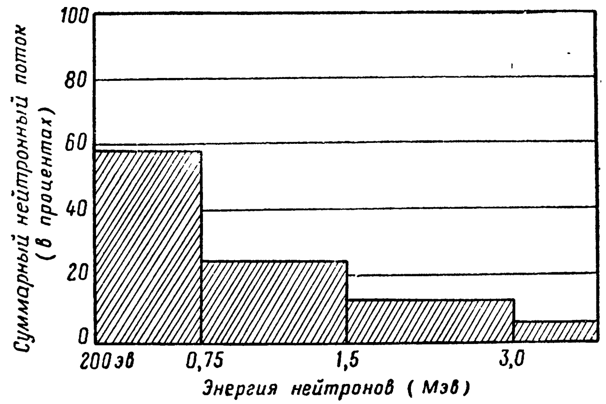


Рис. 8.96. Типичный спектр энергии нейтронов

центра взрыва. Кроме того, аналитическое выражение для определения суммарного потока нейтронов в зависимости от расстояния упрощается (п. 8.102).

Распространение гамма-лучей

8.98. В качестве альтернативы к графикам рис. 8.27а, которые выражают зависимость величины дозы начального гамма-излучения от расстояния, возможно вывести простое полуэмпирическое аналитическое выражение. Ввиду того что расстояния, представляющие практический интерес, являются большими по сравнению с размерами взрываемого ядерного боеприпаса, последний может рассматриваться в качестве точечного источника, испускающего начальное гамма-излучение в количестве R_γ, выраженном в соответствующих единицах. На расстоянии D от центра взрыва это излучение распространяется на поверхности сферы, имеющей радиус D, т. е. на площади, равной $4\pi D^2$. Если распределение гамма-излучения является изотропным, т. е. равномерно распределенным во всех направлениях, то количество начальных гамма-лучей, приходящихся на единицу площади, перпендикулярной к направлению распространения этих лучей (без учета потерь излучений, обусловленных их ослаблением окружающим воздухом), составит $\frac{R_\gamma}{4\pi D^2}$. Потери излучений в воздухе могут быть учтены при помощи уравнения (8.74.1) и коэффициента поглощения, определенного при фактическом измерении начального гамма-излучения;

при этом коэффициент поглощения подбирается таким образом, чтобы он соответствовал различным ожидаемым результатам измерения. Из этого следует, что доза начального гамма-излучения I_0, наблюдаемая на расстоянии D от центра взрыва, может быть приближенно выражена следующим уравнением:

$$I_0 \approx \frac{R_\gamma}{4\pi D^2} \cdot e^{-\mu D}, \qquad (8.98.1)$$

где μ — коэффициент, который не может применяться к излучению с любой заданной энергией, а скорее представляет собой среднюю эмпирическую величину для гамма-фотонов, обладающих различными энергиями, характерными для начального гамма-излучения.

8.99. По различным причинам μ удобнее заменить выражением $\frac{1}{\lambda}$, где λ — величина, называемая длиной релаксации излучения. Эта величина выбрана для облегчения практических расчетов и представляет собой толщину слоя материала, например воздуха, необходимую для ослабления излучения в e раз, где e — основание натуральных логарифмов. Таким образом, уравнение (8.98.1) может быть записано в следующей общей форме:

$$I_0 \approx \frac{R\gamma}{4\pi D^2} \cdot e^{-\frac{D}{\lambda}}, \qquad (8.99.1)$$

где I_0 — доза гамма-излучения, получаемая на расстоянии D от центра взрыва при отсутствии экранирующего слоя. Из графика, изображенного на рис. 8.27а, можно получить фактические значения I_0, выраженные в рентгенах, для различных расстояний от центра взрыва мощностью в 1 килотонну.

8.100. Преобразовав уравнение (8.99.1) таким образом, чтобы его левая часть имела вид I_0D^2, и прологарифмировав это выражение, находим, что

$$\log I_0D^2 \approx \text{const} - 0{,}4343\frac{D}{\lambda}.$$

Это означает, что если величину I_0D^2 отложить на оси графика в логарифмическом масштабе, а расстояние D — в линейном масштабе, то графическое изображение этой зависимости должно представлять собой прямую линию. Пример такого графика, построенного на основе данных, приведенных на рис. 8.27а для ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну, показан на рис. 8.100. Однако из этого рисунка видно, что график сохраняет свою прямолинейность только на расстояниях, превышающих 1100 м. Это объясняется тем, что уравнение (8.99.1) слишком упрощает условия, существующие в точках, близко расположенных к центру взрыва. На основе данных прямолинейного графика, соответствующих расстояниям выше 1100 м, может быть определено значение длины релаксации гамма-излучения λ, которое равно — $\frac{0{,}4343}{\text{данные графика}}$.

Значение λ для воздуха с плотностью, равной 0,9 плотности, наблюдаемой на уровне моря, найденное таким способом при помощи данных графика рис. 8.100, составляет 330 м, а значение $\frac{R_\gamma}{4\pi}$ составляет $2{,}8 \cdot 10^9$ (рентген) $(м)^2$. Следовательно, для взрыва мощностью в 1 килотонну уравнение (8.99.1), выражающее зависимость дозы I_0 (в рентгенах) от расстояния D (в метрах), может быть записано в следующем виде:

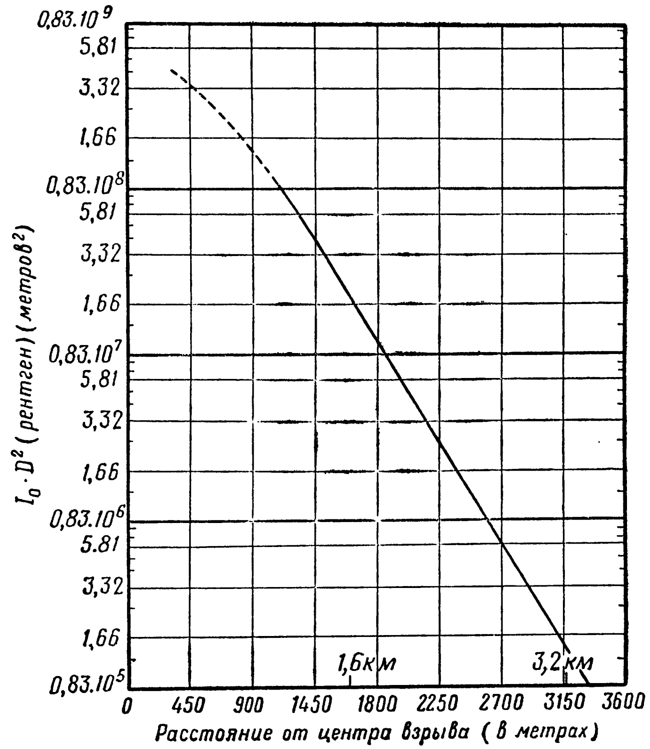


Рис. 8.100. Зависимость между произведением I_0D^2 и расстоянием от центра взрыва

$$I_0 = \frac{2{,}8 \cdot 10^9}{D^2} \cdot e^{-D/330} \text{ рентген.}$$

8.101. Если общая доза начального гамма-излучения пропорциональна мощности взрыва и если принять, что длина релаксации фотонов в воздухе является постоянной, то величина дозы, полученной при взрыве ядерного боеприпаса мощностью W килотонн, может быть определена путем умножения приведенного выше уравнения на W. Однако ввиду понижения давления воздуха, наблю-

даемого во время распространения запаздывающей части начального гамма-излучения, а также по другим причинам, о которых упоминалось в п. 8.30, величина λ для мощности взрыва, превышающей 20 килотонн, фактически больше 330 м и изменяется в зависимости от мощности взрыва. Однако вместо того чтобы каждый раз подбирать необходимое значение λ, проще всего вместо фактической мощности взрыва W подставить значение коэффициента пересчета W^1, определяемое из рис. 8.27б. Тогда общее уравнение для определения величины дозы начального гамма-излучения на расстоянии D метров от центра ядерного взрыва мощностью W килотонн будет иметь вид

$$I_0 \approx \frac{2{,}8 \cdot 10^9 \cdot W^1}{D^2} \cdot e^{-D/330} \text{ рентген.}$$

Необходимо напомнить, что данные, получаемые с помощью этого уравнения, будут правильными на расстоянии свыше 1100 м от центра взрыва и при плотности воздуха, равной 0,9 его нормальной плотности.

Распространение нейтронов

8.102. Распространение нейтронов в воздухе на значительное расстояние от ядерного взрыва, рассматриваемого в виде точечного источника, можно представить точно таким же образом, как это было сделано выше для гамма-лучей. Если N_0 — общая доза нейтронов, полученная на расстоянии D от центра взрыва, то по аналогии с уравнением (8.99.1) получим

$$N_0 \approx \frac{R_n}{4\pi D^2} \cdot e^{-D/\lambda_n}, \qquad (8.102.1)$$

где R_n — доза нейтронов, зависящая от мощности взрыва;
λ_n — длина релаксации нейтронов в воздухе.

Поскольку спектр нейтронов, образующихся при ядерном взрыве, по существу не зависит от расстояния, то λ_n имеет одно значение, которое является усредненным для нейтронов всех энергий. Это значение эквивалентно расстоянию, на которое распространяется в воздухе поток нейтронов и которое уменьшает их общую эффективную дозу в e раз.

8.103. Преобразовав уравнение (8.102.1) и прологарифмировав его подобно тому, как это было сделано в п. 8.100, получаем следующее выражение:

$$\log N_0 D^2 \approx \text{const} - 0{,}4343 \frac{D}{\lambda_n}.$$

Следовательно, график зависимости $N_0 D^2$ от D, построенный в полулогарифмическом масштабе, должен представлять собой прямую линию. Для построения этого графика, изображенного на рис. 8.103, были использованы данные рис. 8.61, который выражает

зависимость дозы нейтронов N_0 от расстояния D от центра взрыва мощностью в 1 килотонну.

8.104. На основе данных прямолинейного графика высчитано, что значение λ_n для воздуха с плотностью, составляющей 0,9 его

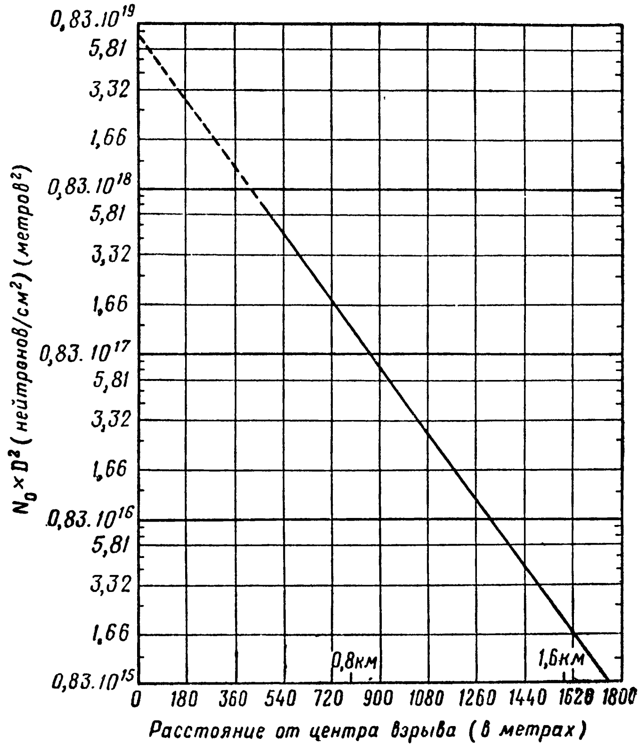


Рис. 8.103. Зависимость между произведением I_0D^2 и расстоянием D от центра взрыва

плотности на уровне моря, равно 190 м, а значение $\frac{R_n}{4\pi}$ при взрыве мощностью в 1 килотонну равно $7{,}5 \cdot 10^{18}$ $\frac{\text{нейтронов}}{\text{см}^2}$ м². Следовательно, предполагая, что суммарная доза нейтронов прямо пропорциональна мощности взрыва (хотя такое предположение и не совсем точно), получаем следующее выражение:

$$N_0 \approx \frac{7{,}5 \cdot 10^{18} \cdot W}{D^2} \cdot e^{-D/190} \text{ нейтронов/см}^2,$$

где W — мощность взрыва в килотоннах;
D — расстояние от центра взрыва в метрах.

Это выражение справедливо только для расстояний, превышающих 455 м.

8.105. Поскольку длина релаксации начального гамма-излучения равна 330 м, а длина релаксации нейтронов — 190 м, то очевидно, что при ядерном взрыве нейтроны распространяются в воздухе в среднем на меньшее расстояние, чем начальное гамма-излучение (при одинаковой степени ослабления). Из этого факта следует, что при увеличении расстояния от центра взрыва величина дозы нейтронов уменьшается быстрее, чем величина дозы гамма-излучения (п. 11.92).

ГЛАВА 9

ОСТАТОЧНОЕ ЯДЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ВЫПАДЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА

ИСТОЧНИКИ ОСТАТОЧНОГО ЯДЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Введение

9.01. Остаточное ядерное излучение представляет собой излучение, испускаемое по истечении первой минуты после взрыва (п. 8.02). Источники этого излучения и его характер меняются в зависимости от соотношения реакций деления и синтеза ядер, которые в сумме своей дают всю энергию взрыва. Излучение от взрыва, основанного на реакции деления, возникает в основном из продуктов взрыва, т. е. из продуктов деления, и в меньшей степени из той части урана и плутония, которая осталась неразделившейся. Кроме того, в продуктах взрыва содержатся обычно и некоторые радиоактивные изотопы, образующиеся в результате воздействия нейтронов на материалы оболочки ядерного боеприпаса, т. е. в результате реакции, которая отличается от реакции деления. Еще одним источником остаточного излучения является образование радиоактивных веществ в результате взаимодействия нейтронов с различными элементами, которые входят в состав земли, морской воды, воздуха и других веществ окружающей среды. Продукты взрыва, основанного преимущественно на реакции синтеза, не будут содержать тех количеств продуктов распада, которые образуются при взрыве той же мощности с делением ядер. В этом случае, однако, образуется большое количество нейтронов высокой энергии (п. 1.68), а поэтому основным источником образования остаточного ядерного излучения явятся нейтронные реакции в самой бомбе и в окружающей среде.

9.02. Главная опасность поражения остаточным излучением возникает в связи с выпадением радиоактивных частиц (п. 2.23), включая продукты взрыва, а также в связи с наведенной радиоактивностью почвы, воды и других материалов в районе взрыва. Радиоактивные частицы рассеиваются ветром на большие рас-

стояния. Вторым источником остаточного ядерного излучения является наведенная радиоактивность, обусловленная воздействием нейтронов на элементы поверхности земли в непосредственной близости от точки взрыва. Как абсолютная, так и относительная оценка значения продуктов распада и наведенной радиоактивности в формировании остаточного ядерного излучения будет зависеть от мощности взрыва, энергии, выделяющейся при реакции деления, а также от высоты взрыва над поверхностью земли, характера местности в районе взрыва и от времени, прошедшего после взрыва.

9.03. Как отмечалось ранее в п. 2.28, удобно разделить все радиоактивные выпадения на два вида, а именно: раннее и позднее выпадение. Именно раннее выпадение радиоактивных продуктов наземного, подземного и воздушного на небольшой высоте взрывов вызывает радиоактивное загрязнение местности на обширных площадях, причем интенсивность излучения в этих случаях настолько велика, что создается опасность поражения живых организмов. Позднее выпадение состоит из очень мелких, невидимых частиц, оседающих небольшими долями, но на значительной части поверхности земли. Излучение от продуктов деления со временем уменьшается в результате процесса распада (п. 9.12 и далее), происходящего в течение весьма значительного периода. В связи с этими особенностями излучение от продуктов позднего выпадения не представляет собой непосредственной опасности для здоровья, но может быть источником длительно воздействующего поражения (п. 11.174 и далее).

9.04. При воздушном взрыве, особенно в том случае, когда огненный шар образуется высоко над поверхностью земли, можно довольно четко разграничить начальное ядерное излучение, рассмотренное в предшествующей главе, и остаточное ядерное излучение, которому посвящена данная глава. Такое разграничение оказывается возможно потому, что к концу первой минуты после взрыва почти все радиоактивные продукты взрыва в форме очень маленьких частичек поднимаются на такую высоту, с которой ядерные излучения больше не в состоянии достигать поверхности земли в сколько-нибудь значительных количествах. Впоследствии эти мельчайшие частицы сильно рассеиваются в атмосфере и очень медленно оседают на землю.

9.05. При наземном (надводном) и особенно при подземном (подводном) взрывах осуществить более или менее четкое разграничение между начальным и остаточным ядерным излучением невозможно. Некоторые излучения, испускаемые радиоактивными продуктами взрыва, будут оказывать поражающее действие длительное время, и в этом случае наблюдается смешанное воздействие начального и остаточного излучений. При очень глубоких подземном и подводном взрывах начальными гамма-лучами и нейтронами, образующимися в процессе деления, можно пренебречь, поскольку они поглощаются окружающей средой.

В этом случае единственным видом ядерного излучения, подлежащим рассмотрению, является остаточное излучение продуктов деления и радиоактивных изотопов, которые возникают под действием нейтронов. Что же касается наземного взрыва, то в этом случае необходимо учитывать как начальное, так и остаточное излучение.

Раннее выпадение

9.06. По своему характеру остаточное ядерное излучение при раннем выпадении является совокупностью излучений продуктов деления и изотопов, возникающих под действием нейтронов. Соотношение этих двух источников остаточного ядерного излучения определяется тем, какой процент всей мощности взрыва связан с реакцией деления, а также другими факторами, о которых упоминалось в п. 9.02. Кроме того, имеются еще два дополнительных фактора, влияющих на характер излучений при раннем выпадении. Это фракционирование и подсаливание. Описание этих явлений дается ниже.

9.07. По мере того как огненный шар охлаждается, продукты деления и прочие пары постепенно осаждаются на частичках грунта и других материалов, захваченных подымающимся огненным шаром. При взрывах над землей эти частицы представляют собой в основном минералы почвы. Кроме того, пары продуктов деления могут осаждаться совместно с парами других веществ, образуя твердые мелкие частицы смешанного состава. В процессе такой конденсации состав смеси продуктов деления может измениться под действием того явления, которое известно под названием «фракционирование». Иллюстрацией его является, например, факт, что при наземном взрыве более крупные частицы, выпадающие из огненного шара вскоре после взрыва и обнаруживаемые вблизи эпицентра, по характеру излучения отличаются от меньших по размеру частиц, которые позже выпадают из радиоактивного облака и оказываются на некотором расстоянии от эпицентра, по направлению ветра.

9.08. Подробная картина процесса фракционирования остается неясной, но это явление связано, хотя бы частично, с присутствием на начальной стадии реакции определенных продуктов деления, которые по своей природе являются газообразными веществами, например криптона и ксенона. В дальнейшем эти радиоактивные газы претерпевают распад, образуя рубидий и цезий, которые могут конденсироваться на твердых частицах. Следовательно, твердые частицы первичного выпадения, которые загрязняют местность вблизи эпицентра, будут почти свободны от криптона и ксенона, а также от различных продуктов их распада. С другой стороны, на мелких частицах, которые в течение некоторого времени удерживаются в составе радиоактивного облака, будут конденсиро-

ваться и рубидий, и цезий, и продукты их распада, т. е. барий и стронций. Отсюда следует, что более поздние выпадения характеризуются высоким содержанием некоторых продуктов, которыми бедны ранние выпадения.

9.09. Дополнительным обстоятельством, способствующим усилению процесса фракционирования, является процесс разделения элементов в составе огненного шара, который происходит в связи с тем, что эти элементы конденсируются постепенно, в зависимости от точки кипения. Поэтому на начальном этапе образования огненного шара, когда его температура весьма высока, на относительно крупных частицах, которыми облако в это время более богато, может произойти конденсация тугоплавких элементов. Летучие элементы в противоположность им характеризуются низкой температурой кипения, и они могут конденсироваться лишь позже, когда шар охладится и потеряет большую часть крупных частиц. Следует ожидать, что ранние выпадения вблизи эпицентра взрыва, представляющие собой крупные частицы, будут более богаты тугоплавкими элементами, тогда как на большом удалении от эпицентра взрыва ранние выпадения будут сравнительно бедны ими. С летучими элементами дело обстоит как раз наоборот.

9.10. При взрывах большой мощности на поверхности моря или на небольшой высоте над ним, когда конденсированные частицы состоят из морских солей и воды, фракционирование продуктов выпадения обычно весьма ограничено. Это объясняется тем, что конденсация воды может протекать лишь после того, как огненный шар охладится до температуры 100° С и ниже. В связи с большим временем охлаждения огненного шара и благодаря наличию очень мелких водяных капелек в составе радиоактивного облака, продукты распада газообразного ксенона и криптона вместе с прочими продуктами деления не остаются в облаке. В этом случае состав продуктов радиоактивного выпадения (или осадков) не зависит или почти не зависит от расстояния до эпицентра взрыва.

9.11. Состав радиоактивных выпадений может быть изменен также вследствие подсаливания заряда ядерного боеприпаса. Такое подсаливание состоит в том, что в него добавляются значительные количества некоторых элементов, иногда обогащенных определенными изотопами, которые создают, таким образом, дополнительную наведенную радиоактивность. Подсаливание может осуществляться по нескольким причинам. Так, например, на некоторых испытаниях оно практиковалось в целях создания «меченых атомов» различного назначения, в частности для изучения картины распределения ранних и поздних выпадений и для сопоставления их состава.

Выполняя задачи радиологической войны, можно направленно изменить характер раннего выпадения, что достигается путем подбора элементов с целью получения радиоактивных продуктов с заданными периодами распада и радиоактивностью (п. 9.110).

Радиоактивность и распад продуктов раннего выпадения

9.12. Как отмечалось уже в главе 1, продукты деления представляют собой очень сложную смесь, состоящую из более чем 200 изотопов 36 элементов. Большая часть этих изотопов обладает радиоактивностью; распад их происходит с испусканием бета-частиц и часто сопровождается гамма-излучением. На каждую килотонну мощности взрыва образуется около 57 г продуктов деления (т. е. 57 кг на 1 мегатонну). Общая радиоактивность продуктов деления чрезвычайно высока в начале, но она весьма быстро падает в результате радиоактивного распада (п.п. 1.23 и 1.57).

9.13. По истечении первой минуты с момента ядерного взрыва (данное время условно принято за начало образования остаточного ядерного излучения) гамма-активность 57 г продуктов деления, образующихся при ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну, можно сравнить с гамма-активностью 30 000 т радия. Из этого видно, что при ядерных взрывах мегатонной мощности количество образующейся радиоактивности является чрезвычайно большим. Несмотря на то что радиоактивность, образующаяся через одну минуту после взрыва, к концу дня уменьшается более чем в 3000 раз, интенсивность излучения будет все еще большой.

9.14. Было подсчитано, что если бы радиоактивные продукты, образовавшиеся при ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну, могли бы быть равномерно распределены на площади 25 900 кв. км, то интенсивность излучения на высоте 0,9 м от поверхности земли спустя 24 часа после взрыва составила бы 6 р/час. На самом деле равномерное распределение практически мало вероятно, так как вблизи эпицентра будет выпадать больше продуктов деления, чем в местах, расположенных на значительных расстояниях от места взрыва. Отсюда следует, что интенсивность излучения на участках местности, расположенных вблизи места взрыва, будет значительно превышать упомянутое среднее значение, а в районах, находящихся на больших расстояниях от места взрыва, интенсивность будет, как правило, меньше.

9.15. Как указывалось в п. 9.01, раннее выпадение состоит в основном, но не полностью, из продуктов деления. Некоторое представление о скорости уменьшения радиоактивности продуктов деления во времени может быть получено из следующей приближенной закономерности: каждое семикратное увеличение времени после взрыва приводит к уменьшению радиоактивности в 10 раз. Например, если интенсивность излучения через 1 час после взрыва взята в качестве начального значения, то через 7 часов после взрыва интенсивность излучения понизится в 10 раз; спустя $7 \cdot 7 = 49$ часов (или, грубо говоря, через двое суток) интенсивность составит одну сотую долю, а спустя $7 \cdot 7 \cdot 7 = 343$ часа (приблизительно через две недели) она составит только одну тысячную часть интенсивности излучения, которая имела место через 1 час после взрыва. Другая сторона этой закономерности состоит в том, что

в конце первой недели (7 дней) интенсивность излучения будет составлять одну десятую долю интенсивности, наблюдавшейся спустя 1 день после взрыва. Это правило дает точность определения до 25% для периода порядка двух недель и точность приблизительно 50% для периода в 6 месяцев после ядерного взрыва. В дальнейшем интенсивность излучения уменьшается быстрее, чем это предусмотрено данной закономерностью.

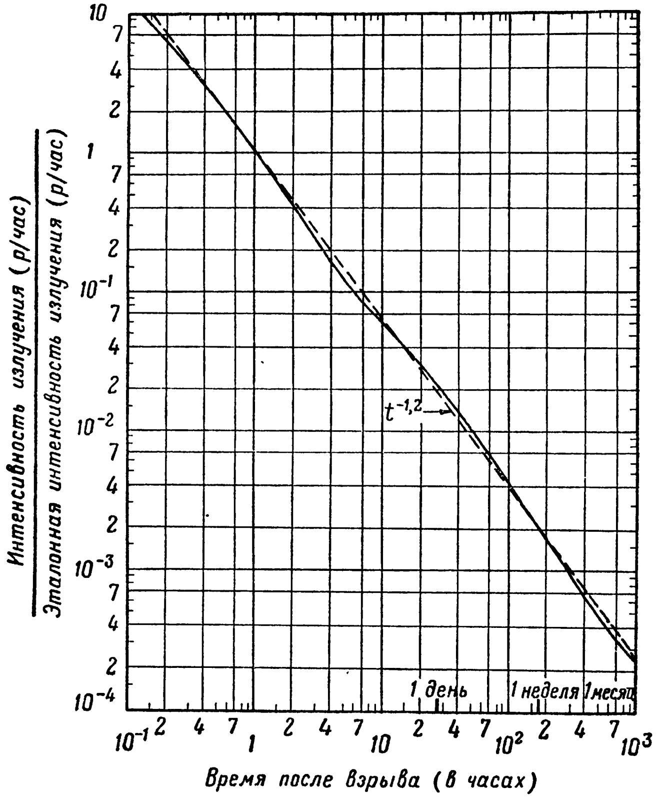


Рис. 9.16а. Зависимость интенсивности излучения для раннего выпадения радиоактивных продуктов взрыва от времени

9.16. Данные относительно понижения радиоактивности частиц при ранних выпадениях могут быть получены из сплошной кривой, изображенной на рис. 9.16а и 9.16б, где приблизительно показано отношение интенсивности излучения (в рентген/час) в какой-то момент после взрыва к величине, именуемой «эталонной интенсивностью излучения» как функции времени [1].

[1] О значении пунктирной линии, обозначенной $t^{-1,2}$, говорится в п. 9.170, где будет дано толкование физического смысла понятия «эталонная интенсивность излучения».

9.17. Предположим, например, что в данном месте выпадение продуктов взрыва начинается через 5 часов после взрыва и что через 15 часов, когда это выпадение закончится, интенсивность излучения в этом месте составит 4,0 р/час. Из графика на рис. 9.16а (или таблицы 9.19) видно, что через 15 часов после

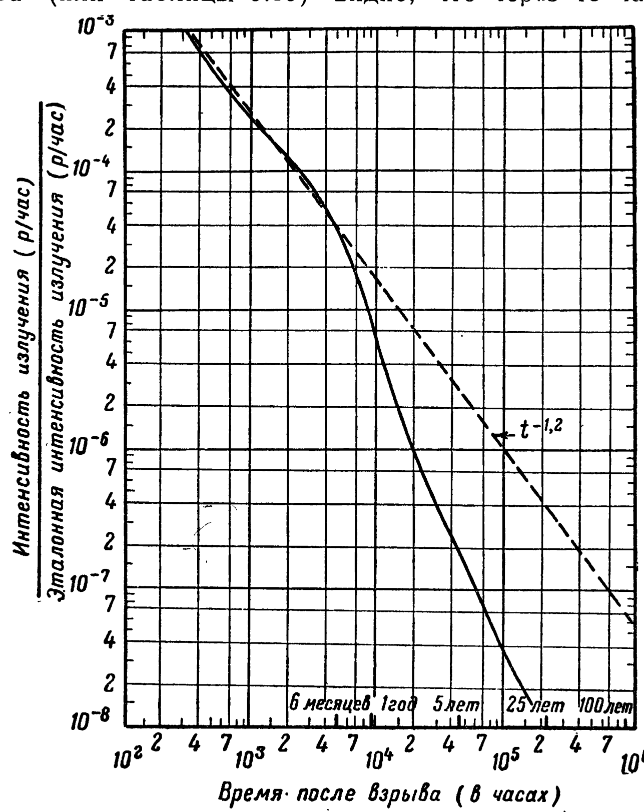


Рис. 9.16б. Зависимость интенсивности излучения для раннего выпадения радиоактивных продуктов взрыва от времени

взрыва отношение фактической измеренной интенсивности излучения к эталонной интенсивности излучения составляет 0,040; следовательно, эталонная интенсивность излучения должна быть равна 4,0/0,040 = 100 р/час. При помощи этого эталонного значения и кривых распада на рис. 9.16а и 9.16б можно определить практическую интенсивность излучения, наблюдаемую в данном месте в любое время после полного завершения выпадения радиоактивных продуктов взрыва.

Таким образом, если требуется определить интенсивность излучения через 24 часа после взрыва, то берется точка на абсциссе, соответствующая 24 часам. Если продолжить вертикальную линию

от этой точки до пересечения с полученной кривой (сплошной линией), то можно видеть, что искомая интенсивность излучения равна произведению 0,023 на величину интенсивности излучения, которая соответствует заданному часу после взрыва, т. е. равна $0{,}023 \cdot 100 = 2{,}3$ р/час.

9.18. Если интенсивность излучения в какой-либо момент после взрыва известна по данным фактического измерения, то для любого другого момента времени ее можно определить расчетным путем. Для этого необходимо только сравнить между собой те отношения (к эталонной интенсивности), которые характеризуют изменение интенсивности излучения во времени для двух заданных моментов, по графикам 9.16а и 9.16б.

Предположим, например, что интенсивность излучения, измеренная через 3 часа после взрыва, равна 50 р/час. Требуется определить интенсивность излучения через 18 часов после взрыва. Из графика 9.16а находим, что соответствующие отношения составляют 0,23 для 3 часов и 0,033 для 18 часов. Отсюда следует, что интенсивность излучения через 18 часов после взрыва составит $50 \times 0{,}033/0{,}23 = 7{,}2$ р/час.

9.19. Данные графика на рис. 9.16а и 9.16б могут быть представлены и в виде таблицы (таблица 9.19), которая более удобна при расчетах, хотя и содержит менее полные данные. Эталонная мощность дозы (через 1 час после взрыва) принята равной 1000 условных единиц; в таблице значения интенсивности излучения для ряда последовательных моментов времени (при определенном количестве частиц в раннем выпадении) даны в тех же условных единицах. Если известна фактическая интенсивность излучения для времени, равного одному часу (или другого момента времени) после взрыва, то значение для любого интересующего нас момента времени вплоть до 1000 часов можно вычислить, составив обычную пропорцию.

Таблица 9.19

Относительные значения интенсивности излучения для различных моментов времени после ядерного взрыва (в условных единицах)

Время (час)	Относительная интенсивность излучения	Время (час)	Относительная интенсивность излучения
1	1000	36	15
1,5	610	48	10
2	440	72	6,2
3	230	100	4,0
5	130	200	1,7
6	100	400	0,70
10	63	600	0,42
15	40	800	0,31
20	23	1000	0,24

9.20. Необходимо отметить, что графики, представленные на рис. 9.16а и 9.16б, и таблица 9.19 используются для расчетов интенсивности излучения. Для того чтобы определить действительную или суммарную дозу полученного излучения, необходимо среднее значение интенсивности излучения умножить на время облучения (п. 8.23). Однако, поскольку интенсивность излучения уменьшается неравномерно, необходимо в полученный результат

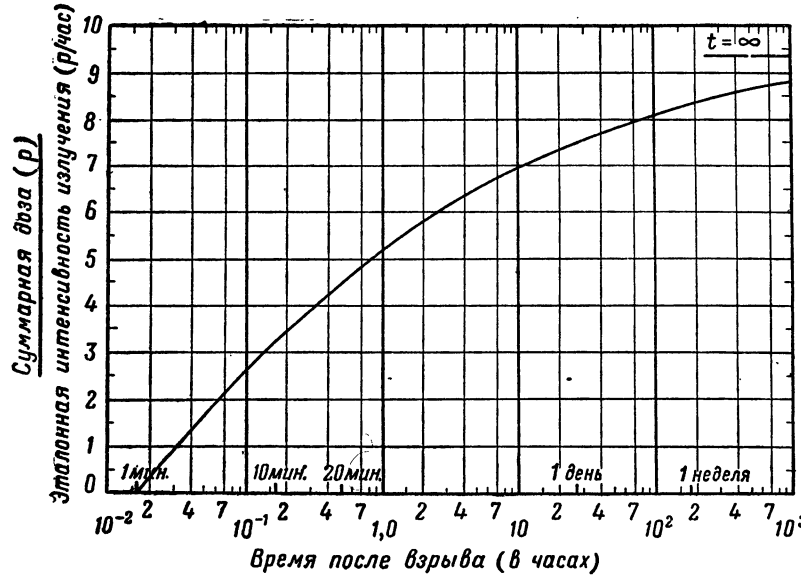


Рис. 9.20. Кривая для определения суммарной дозы, полученной при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва для различных моментов времени после взрыва

внести соответствующую поправку. Результаты расчета, основанные на данных рис. 9.16а, представлены в виде кривой на рис. 9.20. Эта кривая характеризует изменение суммарной дозы облучения от раннего выпадения за время от 1 минуты после взрыва до любого заданного момента после взрыва, в единицах эталонной интенсивности излучений.

9.21. Для иллюстрации метода использования графика, изображенного на рис. 9.20, предположим, что человек начал подвергаться облучению на местности, зараженной продуктами деления, через 2 часа после ядерного взрыва и что интенсивность излучения, измеренная в это время, составляла 1,5 р/час. Требуется определить величину суммарной дозы, которая будет получена этим человеком в течение последующих 12 часов после взрыва, т. е. к 14 часу после взрыва. Для этого прежде всего необходимо

определить эталонную интенсивность излучения для одного часа после взрыва. Из графика на рис. 9.16а видно, что отношение

$$\frac{\text{Интенсивность излучения через 2 часа после взрыва}}{\text{Эталонная интенсивность излучения}} = 0{,}40.$$

Поскольку известно, что интенсивность излучения через 2 часа после взрыва составляет 1,5 р/час, то эталонная интенсивность излучения будет равна 1,5/0,40=3,8 р/час. Далее из графика на рис. 9.20 находим, что соответственно для 2 и 14 часов после взрыва отношения

$$\frac{\text{Суммарная доза, полученная через 2 часа после взрыва}}{\text{Эталонная интенсивность излучения через 1 час после взрыва}} = 5{,}8$$

и

$$\frac{\text{Суммарная доза, полученная через 14 часов после взрыва}}{\text{Эталонная интенсивность излучения через 1 час после взрыва}} = 7{,}1.$$

Отсюда, вычитая, находим:

$$\frac{\text{Доза, полученная за время между 2 и 14 часами после взрыва}}{\text{Эталонная интенсивность излучения через 1 час после взрыва}} = 1{,}3.$$

Эталонная интенсивность излучения через 1 час после взрыва равна 3,8 р/час; следовательно, суммарная доза, полученная в течение 12 часов между 2 и 14 часами после взрыва, составляет $3{,}8 \times 1{,}3 = 4{,}9$ р.

9.22. В таблице 9.22 приводятся значения долей «предельной дозы (остаточного излучения)», выраженные в процентах, которые соответствуют различным промежуткам времени (начиная от 1 минуты) после полного выпадения данного количества продуктов ядерного взрыва. Предельная доза является в действительности такой дозой, которая была бы получена при непрерывном облучении определенной совокупностью всех продуктов деления в течение многих лет. Эти данные можно использовать для определения доли предельной дозы, полученной в течение любого определенного отрезка времени после полного осаждения продуктов ядерного взрыва.

Таблица 9.22

Доля предельной дозы остаточного излучения, получаемой за различное время после взрыва

Время (час)	Доля предельной дозы (%)	Время (час)	Доля предельной дозы (%)
1	55	72	86
2	62	100	88
4	68	200	90
6	71	500	93
12	75	1 000	95
24	80	2 000	97
48	83	10 000	99

9.23. Например, если человек подвергается облучению некоторым количеством выпавших на землю продуктов деления в промежуток времени от 2 до 14 часов после взрыва, то полученная за это время доза, выраженная в процентах от предельной дозы, может быть определена вычитанием соответствующих значений, получаемых из таблицы 9.22, т. е. вычитанием из 76 (для 14 часов) 62 (для 2 часов), в результате чего получаем 14%, или 0,14 предельной дозы.

Действительное расчетное значение предельной дозы, полученной за все время, начиная с момента, соответствующего одной минуте после взрыва, как показано на рис. 9.20, в 9,3 раза больше эталонной интенсивности излучения (в р/час). Следовательно, если эталонная интенсивность излучения, как в приведенном выше примере, равна 3,8 р/час, доза, полученная между 2 и 14 часами после взрыва, составляет $0{,}14 \cdot 9{,}3 \cdot 3{,}8 = 4{,}9$ р.

9.24. Используя данные графиков (рис. 9.16а и б и 9.20) или соответствующих им таблиц (9.19 и 9.22), можно производить различные расчеты интенсивности излучения и суммарных доз излучения, обусловленных ранним выпадением радиоактивных продуктов деления. Однако, как будет указано ниже, определение указанных величин можно упростить при помощи специальных графиков. Приводимые выше данные относятся к определенному количеству продуктов выпадения. При изменившихся условиях, т. е. при повторном радиоактивном загрязнении или после дезактивации, данные выводы не будут действительны.

9.25. Если интенсивность излучения, обусловленная ранним выпадением для заданной зоны поражения, известна, то по номограмме на рис. 9.25 можно определить интенсивность излучения в этой зоне для любого времени. Этой номограммой можно воспользоваться и для решения обратной задачи — определения того времени после взрыва, когда интенсивность излучения достигнет заданного значения. Следует заметить, что указанная номограмма основана на зависимости $t^{-1,2}$ графиков 9.16а и 9.16б, которая, как можно видеть, несколько отклоняется от теоретической кривой распада. Несмотря на это, номограмма на рис. 9.25 позволяет определить приближенные значения интенсивности излучения, и они для любого времени в течение первых 200 дней после ядерного взрыва отличаются от теоретических не более чем на 25%.

9.26. Если известна интенсивность излучения через какое-то время после взрыва, а требуется определить суммарную дозу облучения, которую получает человек за какое-то время пребывания в зоне, зараженной ранним выпадением, следует воспользоваться данными номограммы 9.25 и графика 9.26. Этот график можно применить для определения того времени, когда в районе загрязнения допустимо начать ту или иную операцию, не подвергая людей опасности получения той или иной конкретной суммарной дозы облучения.

9.27. Другой метод расчета дозы облучения в зоне радиоактивного заражения основан на использовании имеющихся данных об интенсивности излучения в момент входа в зону. Методику расчета, рекомендуемую в примерах перед таблицей 9.22 и использующую также номограмму 9.25, можно применить затем и для определения суммарной дозы облучения, которую получает человек за заданный период пребывания в зоне, и для определения времени после взрыва, когда суммарная доза станет равной заданному значению. Но расчет можно упростить при помощи графика 9.27, поскольку в этом случае отпадает необходимость в определении эталонной интенсивности излучения, когда известно значение интенсивности излучения в момент входа в зону радиоактивного загрязнения.

9.28. Если раннее выпадение завершается в данной зоне в течение небольшого периода времени и если допустить, что население зоны не имеет никаких средств защиты, то графиком на рис. 9.27 можно воспользоваться для определения зависимости суммарной дозы облучения от времени пребывания в зоне. Предположим, например, что раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва произошло через 6 часов после взрыва, а интенсивность излучения в данный момент составляла R рентген в час, тогда через один день суммарная доза составит уже $9R$, через 2 дня — $12R$, через 5 дней — $16R$.

9.29. Очевидно, что опасность облучения, если речь идет об остаточном ядерном излучении, наиболее велика в первый день после взрыва. Доза облучения, получаемая в первый день, значительно выше доз последующих дней. Следовательно, наиболее важно обеспечить защиту от радиоактивных выпадений именно в первый день.

9.30. Важно понять, что приводимые выше таблицы и цифры, а также расчеты интенсивности излучения и суммарных доз, на основе которых были получены эти цифры и таблицы, сделаны исходя из допущения, что человек подвергается воздействию определенного количества радиоактивных продуктов взрыва и в течение какого-то определенного периода времени. Однако в реальной обстановке выпадения радиоактивных осадков эти условия, вероятно, не будут существовать. Прежде всего любая форма укрытия, ослабляющая действие излучения, влияет на величину дозы облучения. С другой стороны, под действием ветра и других метеорологических условий выпадающие частицы радиоактивных продуктов взрыва обычно рассеиваются на одних участках и концентрируются на других. Поэтому количество выпавших частиц радиоактивных продуктов взрыва (имеется в виду раннее выпадение) может с течением времени изменяться; соответствующим образом изменится интенсивность излучения, а также доза излучения. Сказанное относится, конечно, и к случаю, когда за выпадениями от одного взрыва последуют выпадения от последующих ядерных взрывов.

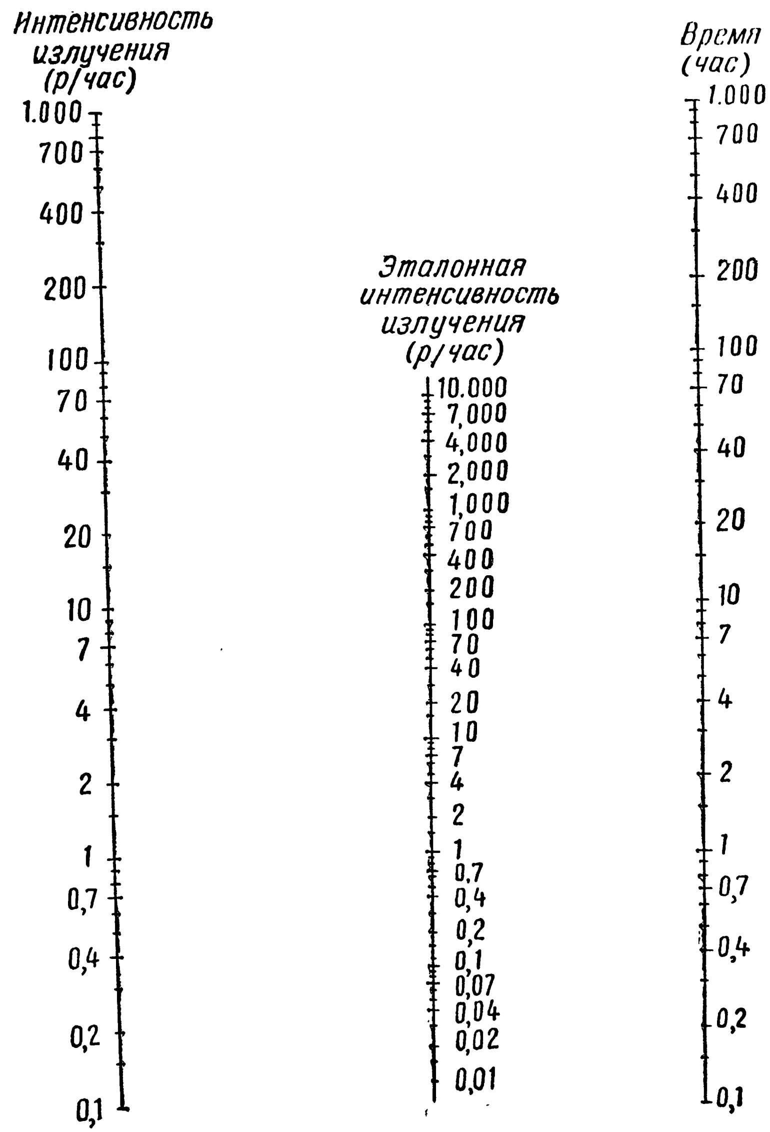


Рис. 9.25. Номограмма для расчета интенсивности излучения при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва

Номограмма рис. 9.25 выражает зависимость между интенсивностью излучения в любой момент времени после взрыва и эталонной интенсивностью излучения (через 1 час после взрыва). Если известна интенсивность излучения в какой-либо момент времени, то по номограмме можно определить интенсивность излучения в любой другой момент времени. И наоборот, может быть определено время, прошедшее после взрыва, в течение которого интенсивность излучения приобрела определенное значение. Условия применимости данных рис. 9.25 изложены в п. 9.30.

Пример.

Д а н о. В результате выпадения радиоактивных частиц в определенном районе через 6 часов после взрыва интенсивность излучения составляет 8 р/час.

О п р е д е л и т ь. а) Интенсивность излучения по истечении 24 часов после взрыва.

б) Время после взрыва, по истечении которого интенсивность излучения будет равна 1 р/час.

Р е ш е н и е. При помощи линейки или угольника соединяем точку на левой шкале, соответствующую 8 р/час, с точкой на правой шкале, соответствующей 6 часам. Прямая линия между этими двумя точками пересечет среднюю шкалу в точке, соответствующей 70 р/час; это и есть величина эталонной интенсивности излучения.

а) Используя линейку, соединяем точку, соответствующую найденному значению эталонной интенсивности излучения (70 р/час), с точкой на правой шкале, соответствующей 24 часам, истекшим после взрыва, и продолжаем линию до пересечения с левой шкалой, на которой определится величина искомой интенсивности излучения: она составляет 1,5 р/час.

б) Прямую линию от точки на левой шкале, соответствующей значению дозы 1 р, через точку на средней шкале, соответствующую значению эталонной интенсивности излучения в 70 р/час, продолжим до пересечения с правой шкалой. Точка пересечения соответствует искомому значению времени после взрыва, равному 34 часам.

Из графика рис. 9.26 может быть определена суммарная доза, полученная при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва для любого определенного периода пребывания в зараженном районе, если известна интенсивность излучения по истечении определенного времени после взрыва. И наоборот, может быть определено время, по истечении которого в зараженном районе можно начинать действия, требующие определенной продолжительности пребывания в нем при заданной величине суммарной дозы облучения.

Пример.

Д а н о. Интенсивность излучения через 4 часа после взрыва составляет 6 р/час.

О п р е д е л и т ь. а) Суммарную дозу облучения, которая будет получена в течение 2 часов по истечении 6 часов после взрыва.

б) Время после взрыва, по истечении которого могут быть начаты работы, требующие пребывания в зараженном районе в течение 5 часов, при условии, что полученная суммарная доза облучения будет составлять 4 р.

Р е ш е н и е. Прежде всего необходимо определить эталонную интенсивность излучения R_1, для чего, используя график, приведенный на рис. 9.25, соединяем прямой линией точку на левой шкале, соответствующую 6 р/час, с точкой на правой шкале, соответствующей 4 часам. Точка пересечения этой прямой со средней шкалой соответствует 32 р/час; это и есть значение R_1.

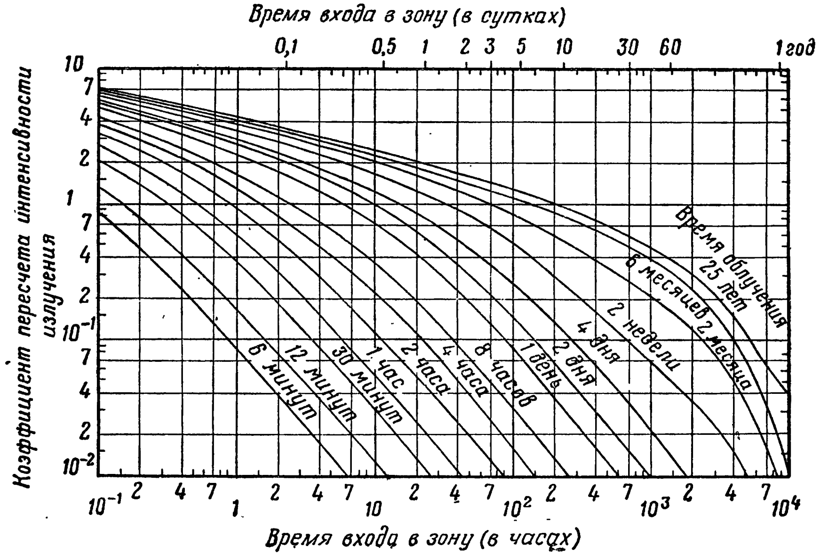


Рис. 9.26. Суммарная доза облучения, полученная при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва (вычислена на основе эталонной интенсивности излучения)

а) На горизонтальной оси графика находим точку, соответствующую 6 часам после взрыва, и проводим через нее вертикальную прямую до пересечения с кривой, соответствующей 2 часам пребывания в зараженном районе. От точки пересечения проводим горизонтальную линию до вертикальной оси графика и находим в ней значение коэффициента, на который следует умножить найденное ранее значение R_1; этот коэффициент равен 0,19. Отсюда искомая суммарная доза составляет

$$0{,}19 \times 32 = 6{,}1 \text{ р.}$$

б) Поскольку заданная суммарная доза составляет 4 р, а значение R_1 составляет 32 р/час, то коэффициент ослабления радиоактивности будет равен $4 : 32 = 0{,}125$. На вертикальной оси графика

находим точку, соответствующую значению 0,125; от этой точки проводим вертикальную линию до пересечения ее с кривой (получаемой интерполяцией), соответствующей 5 часам пребывания в зараженном районе. Точку пересечения с этой кривой соединяем вертикальной прямой с горизонтальной осью графика, на которой находим искомое время после взрыва; это время составляет 21 час.

Из графика рис. 9.27 может быть определена суммарная доза облучения, полученная при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва в течение любого определенного промежут-

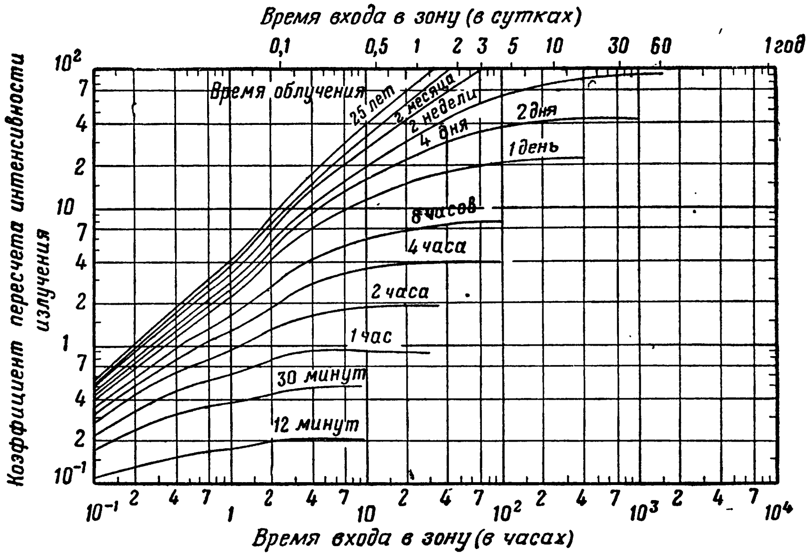


Рис. 9.27. Суммарная доза облучения, полученная при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва (вычислена на основе интенсивности излучения с начала облучения)

ка времени пребывания в зараженном районе, если известна интенсивность излучения в момент входа в этот район. И наоборот, может быть определено время пребывания в зараженном районе, если заранее установлена допустимая суммарная доза облучения.

Пример.

Дано. При входе на зараженный участок через 12 часов после ядерного взрыва интенсивность излучения составляет 5 р/час.

Определить. а) Суммарную дозу облучения, полученную при пребывании в зараженном районе в течение 2 часов.

б) Время пребывания в зараженном районе, в течение которого будет получена суммарная доза облучения, равная 20 р.

Решение. а) На горизонтальной оси графика находим точку, соответствующую 12 часам, и проводим через нее вертикальную прямую до пересечения с кривой, соответствующей времени пребывания на зараженном участке, равном 2 часам. От точки пере-

сечения проводим горизонтальную линию до вертикальной оси графика и находим на последней значение коэффициента, на который следует умножить интенсивность излучения в момент входа на зараженный участок; этот коэффициент равен 1,9. Отсюда искомая суммарная доза облучения составляет

$$1{,}9 \times 5 = 9{,}5 \text{ р}.$$

б) Поскольку суммарная доза облучения составляет 20 р, а интенсивность излучения в момент входа на зараженный участок равна 5 р/час, то коэффициент ослабления будет равен 20/5=4,0. На вертикальной оси графика находим точку, соответствующую значению коэффициента ослабления, равному 4,0; от этой точки проводим горизонтальную линию. На горизонтальной оси находим точку, соответствующую 12 часам, истекшим после взрыва, и проводим через нее вертикальную прямую до пересечения с ранее проведенной горизонтальной линией. Точка пересечения этих прямых соответствует искомому времени пребывания на зараженном участке, которое в данном случае составляет примерно 4,5 часа.

Радиоактивность, наведенная нейтронами

9.31. Нейтроны, освобождающиеся в процессе деления, за исключением тех, которые расходуются на развитие цепной реакции, в конечном итоге захватываются продуктами взрыва, атмосферным азотом (особенно) и кислородом, а также различными элементами, находящимися в верхних слоях почвы. В результате захвата нейтронов многие вещества становятся радиоактивными. Впоследствии эти вещества в течение продолжительного времени испускают бета-частицы; процесс испускания бета-частиц часто сопровождается гамма-излучением. Наведенная таким образом радиоактивность составляет один из источников остаточного ядерного излучения.

9.32. Величина радиоактивности, наведенной в продуктах взрыва, изменяется в широких пределах, так как она в большой степени зависит от устройства и конструктивных характеристик ядерной бомбы. Любые радиоактивные изотопы, образующиеся при захвате нейтронов продуктами взрыва, остаются вместе с продуктами деления вещества ядерного заряда. Кривые и таблицы, приведенные выше, уточнены и включают теперь данные, показывающие влияние изотопов урана-237, урана-239 и плутония-239 и -240. В период от 20 часов до 2 недель после взрыва, в зависимости от материалов, из которых изготовлена бомба, эти изотопы могут дать до 40% активности продуктов взрыва. В другое время радиоактивность этих изотопов будет незначительной.

9.33. Когда нейтроны захватываются в атмосфере ядрами кислорода и азота, то образующаяся при этом радиоактивность, поскольку вопрос касается остаточного ядерного излучения, имеет

очень малое значение, и ею можно пренебречь. Ядра атомов кислорода, например, взаимодействуют с быстрыми нейтронами очень слабо; образующийся при этом взаимодействии изотоп радиоактивного азота имеет период полураспада, равный только 7 секундам. Поэтому он почти полностью распадается в течение одной или двух минут после взрыва.

9.34. В результате захвата нейтронов атомами азота образуется радиоизотоп углерод-14 (С-14), который испускает бета-частицы относительно невысокой энергии, причем процесс распада углерода не сопровождается гамма-излучением. Отличаясь большой продолжительностью периода полураспада (5760 лет) и невысокой радиоактивностью, этот изотоп в форме CO_2 находится во всех формах растительной жизни и, следовательно, попадает и в тело человека. Углерод любого живого организма содержит некоторое количество радиоактивного изотопа С-14, который образуется вследствие захвата нейтронов атомами атмосферного азота под действием естественных космических лучей.

Считают, что на земле имеется, включая ее гидросферу, атмосферу и биосферу (живые организмы), приблизительно 50—80 т этого радиоактивного изотопа; из этого количества около 1 т приходится на атмосферу и 0,2 т на биосферу. Предполагается, что в результате ядерных испытаний, проведенных до сентября 1961 года, образовалось еще 0,65 т радиоактивного углерода, около половины которого растворилось в мировом океане. Следовательно, содержание С-14 в атмосфере по сравнению с нормальным уровнем (1950 год) увеличилось на 30%. Со временем все большее и большее количество радиоактивных изотопов окажется в океане, и при отсутствии добавлений под действием последующих испытательных взрывов через 50—100 лет содержание его в воздухе возвратится к нормальному уровню.

9.35. Важная составная часть остаточного ядерного излучения может быть обусловлена наведенной радиоактивностью, образующейся при захвате нейтронов некоторыми элементами, находящимися в почве. Одним из таких элементов, заслуживающих наибольшего внимания, является натрий. Хотя содержание натрия в почве среднего состава является обычно относительно незначительным, все же количество радиоактивного натрия-24, образующегося в результате захвата нейтронов, может быть весьма заметным. Период полураспада этого изотопа составляет 15 часов; он испускает как бета-частицы, так и гамма-лучи (последние имеют более важное значение) с относительно высокой энергией[1].

9.36. Другим источником наведенной радиоактивности является элемент магний, который имеет существенное значение для роста растений и входит, хотя и в небольших количествах, в состав различных почв. В результате захвата нейтронов этим элементом образуется радиоизотоп магний-56, период полураспада которого равен 2,6 часа. При радиоактивном распаде магния-56 помимо бета-частиц излучает также несколько различных по энергиям гамма-лучей, причем значения этих энергий являются достаточно высокими. Так как его период полураспада меньше, чем у натрия-24, то магний-56 теряет свою активность значительно быстрее. Тем не менее в течение первых нескольких часов после взрыва магний может представлять значительно более серьезную опасность, чем натрий.

9.37. Более важной составной частью почвы является кремний, который при захвате нейтронов образует радиоактивный кремний-31. Период полураспада этого изотопа равен 2,6 часа. Распад его сопровождается испусканием бета-частиц и гамма-лучей; однако количество испускаемых гамма-фотонов составляет не более 0,07% от числа радиоактивных распадов. Позже будет показано, что бета-частицы могут вызывать серьезные поражения только при определенных условиях. Алюминий, другой распространенный компонент почвы, может образовывать радиоизотоп алюминий-28, период полураспада которого составляет только 2,3 минуты. Изотопы, подобные алюминию-28, имеющие короткий период полураспада, обусловливают значительную долю высокой начальной радиоактивности. Однако вследствие большой скорости распада этих изотопов их количество в почве через час после ядерного взрыва остается ничтожным.

9.38. При захвате нейтронов ядрами водорода, входящего в состав воды, образуется нерадиоактивный (устойчивый) изотоп дейтерий. Таким образом, в результате такого захвата нейтронов общая радиоактивность не увеличивается. Ранее уже отмечалось, что вследствие очень короткого периода полураспада радиоактивного изотопа кислорода наведенной радиоактивностью этого элемента можно пренебречь. Однако вещества, растворимые в воде, особенно соли (хлористый натрий), содержащиеся в морской воде, могут быть источниками мощной наведенной радиоактивности. Как уже упоминалось выше, при захвате нейтронов натрием и хлором образуются радиоактивный натрий-24 и радиоактивный хлор-38, которые излучают как бета-частицы, так и гамма-лучи, обладающие высокой энергией. Однако период полураспада хлора-38 составляет только 37 минут, вследствие чего его активность спустя 4—5 часов после взрыва падает примерно до 1% от первоначальной.

9.39. Кроме взаимодействия с элементами, входящими в состав почвы и воды, нейтроны, образующиеся при ядерном взрыве, могут быть захвачены ядрами других элементов, которые содержатся в строительных и прочих материалах. Среди металлов основными источниками наведенной радиоактивности являются, вероятно, цинк, медь и магний (последний входит в состав многих сталей), а также в меньшей степени железо. Маловероятно, чтобы древе-

[1] При каждом акте распада изотопа натрия-24 образуются два фотона гамма-излучения с энергией 1,4 и 2,8 Мэв соответственно. Энергия, приходящаяся в среднем на один фотон, испускаемый продуктами деления через 1 час после образования, равна примерно одному Мэв.

сила и одежда при захвате нейтронов становились заметно радиоактивными; стекло же может стать радиоактивным из-за большого содержания в нем натрия и кремния. Наведенная радиоактивность пищевых продуктов может быть обусловлена главным образом захватом нейтронов натрием. Однако на таких расстояниях от места ядерного взрыва и при таких условиях, при которых эта активность была бы значительной, пища, вероятно, будет непригодной для употребления по другим причинам, а именно: вследствие воздействия на нее ударной волны и светового излучения. Некоторые элементы, такие, например, как бор, поглощают нейтроны, не становясь при этом радиоактивными; наличие таких элементов приводит к уменьшению наведенной радиоактивности.

Уран и плутоний

9.40. Часть урана или плутония, которая при ядерном взрыве не подвергается делению, представляет собой один из возможных источников остаточного ядерного излучения. Делящиеся изотопы этих элементов испускают альфа-частицы, а также некоторое количество гамма-лучей с низкой энергией. Однако так как их период полураспада очень большой, то радиоактивность этих изотопов является ничтожной по сравнению с активностью продуктов деления.

9.41. Ниже будет показано (п. 9.130), что альфа-частицы, образующиеся при распаде ядер урана и плутония или испускаемые другими источниками, почти полностью поглощаются в слое воздуха толщиной в 2,5—5 см. Это обстоятельство и тот факт, что альфа-частицы не могут проникать даже через обычную одежду, указывают на то, что уран и плутоний, осаждающиеся на поверхность земли, не представляют собой серьезной опасности в качестве внешнего источника облучения. Даже если эти радиоактивные изотопы попадают на неповрежденную кожу человека, то и при этом условии альфа-частицы, испускаемые ими, не в состоянии проникнуть внутрь организма.

9.42. Несмотря на то что уран и плутоний представляют ничтожную опасность при внешнем облучении человека, положение может сильно измениться, если какой-либо из элементов попадает внутрь организма через легкие, пищеварительный тракт или через раны на коже. Плутоний, например, имеет способность осаждаться преимущественно в костях и вследствие продолжительного действия альфа-частиц, испускаемых им, может вызвать серьезные поражения всего организма.

9.43. В одно время предполагалось, что взрыв достаточно большого числа плутониевых бомб может привести к широкому распространению смертоносного материала (плутоний) на поверхности земли, что будет опасно для всего мира. Расчеты показали, что для создания такого заражения потребовалось бы очень большое количество плутония, превышающее миллионы килограммов. В настоящее время известно, что продукты деления, в особенности радиоактивный изотоп — стронций-90, представляют собой, вероятно, более серьезную опасность, чем плутоний. Кроме того, все мероприятия, направленные на уменьшение опасности поражения продуктами деления, которые к тому же значительно легче обнаружить, автоматически приводят к уменьшению опасности поражения плутонием. Некоторые данные о поведении этого элемента в организме человека будут приведены в главе 11.

«Чистые» и «грязные» бомбы

9.44. Термины «чистая» бомба и «грязная» бомба часто используются для сопоставления количества радиоактивности, которое создается ядерной или термоядерной бомбой, с количеством радиоактивности, создаваемой при взрыве так называемой «обычной» бомбы. Под последней подразумевают бомбу определенной мощности, устройством которой не предусмотрено никаких средств уменьшения или увеличения количества радиоактивности.

Отсюда следует, что «чистой» бомбой именуется такое устройство, которое характеризуется меньшей радиоактивностью, чем обычная ядерная бомба эквивалентной мощности. Необходимо заметить, однако, что любая «чистая» бомба, в которой используется реакция синтеза ядер, неминуемо создает и какое-то количество радиоактивных изотопов. Если при разработке ядерной бомбы и удалось бы совершенно устранить в ней реакцию деления ядра, то и в этом случае взрыв бомбы в воздухе неизбежно вызвал бы образование изотопа C-14 и ряда других радиоактивных продуктов. Если же при конструировании бомбы с использованием ядерного синтеза предусмотрены какие-то специальные средства (подсаливание ядерного заряда), в результате которых при взрыве ее происходит повышенное по сравнению с обычной бомбой выделение радиоактивности, то такая бомба должна считаться «грязной». Таким образом, любая термоядерная бомба по своей природе является неизбежно «грязной» бомбой.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА ПРИ РАННЕМ ВЫПАДЕНИИ

Виды заражения

9.45. Существуют два основных вида заражения поверхности земли радиоактивными веществами, образующимися при ядерных взрывах. Первым из них является наведенная радиоактивность, образующаяся в результате захвата нейтронов атомами различных элементов почвы (или моря), а вторым — выпадение радио-

активных частиц из столба пыли и облака ядерного взрыва. Степень заражения и распределение радиоактивных продуктов взрыва по поверхности земли определяется главным образом мощностью и видом взрыва, его высотой, характером поверхности, над которой (или на которой) производится взрыв, а также метеорологическими условиями.

9.46. Как известно, воздушным взрывом считается взрыв на такой высоте, при которой исключена возможность захвата сколько-нибудь значительных количеств материала поверхности огненным шаром. Радиоактивные продукты взрыва конденсируются в виде очень мелких частиц, которые надолго остаются в атмосфере. В этом случае, следовательно, раннего (местного) выпадения не будет, за исключением случаев, когда взрыв произведен в особых метеорологических условиях. Однако в зависимости от свойств бомбы, высоты взрыва и характера поверхности местность в районе эпицентра взрыва будет все же заражена под действием наведенной радиоактивности. Степень заражения может быть различной, но можно утверждать, что все объекты в зараженном районе, кроме прочных подземных сооружений, должны быть полностью разрушены ударной волной и пожарами.

9.47. По мере уменьшения высоты взрыва увеличивается количество частиц земли, пыли и других материалов, поднимаемых с поверхности огненным шаром, а значит, возрастает количество радиоактивных продуктов, осаждающихся на более или менее крупных частицах этих материалов. Величина образовавшихся радиоактивных частиц колеблется в пределах от одного микрона (и даже меньше) до нескольких миллиметров. Более крупные частицы начинают осаждаться на поверхности земли еще до момента, когда радиоактивное облако достигнет максимальной высоты, а самые мелкие частицы могут оставаться в атмосфере в течение многих лет. В этом случае будет наблюдаться раннее выпадение, причем самые крупные радиоактивные частицы опустятся на землю в течение суток после взрыва.

9.48. Часть суммарной радиоактивности продуктов взрыва, которые оседают на землю в процессе раннего выпадения, иногда называемая «долей радиоактивности при раннем выпадении», меняется, по-видимому, от взрыва к взрыву. При наземных взрывах эта доля считается обычно равной 50—70% суммарной радиоактивности. Можно ожидать, что в случае неглубоких подземных взрывов указанный процент возрастет, а при надводных взрывах окажется меньше, иногда понижаясь приблизительно до 30%. В условиях взрыва одного и того же типа доля радиоактивности при раннем выпадении изменяется в зависимости от конкретных условий среды и метеорологических условий. Предполагается, тем не менее, что на эту долю при наземном взрыве приходится 60% суммарной радиоактивности. Остальные 40% попадают на поверхность земли в результате позднего выпадения чаще всего на расстоянии многих сотен и тысяч километров от эпицентра взрыва.

Форма и размеры района заражения

9.49. Распределение радиоактивных веществ на местности в результате раннего выпадения, даже при одной мощности взрыва, может быть самым различным. Невозможность точно предсказать контуры района выпадения радиоактивных продуктов взрыва связана не только с воздействием ветра, но и таких дополнительных факторов, как размеры радиоактивного облака, распределение радиоактивности внутри грибовидного облака, а также размеры опускающихся частиц.

9.50. Распределение радиоактивности внутри облака достоверно не известно. Но на основе наблюдений и теоретических соображений были предложены некоторые основные выводы. Обычно считают, что 90% суммарной активности сосредоточено в самом грибовидном облаке, тогда как в столбе содержатся лишь остальные 10%. При надводном взрыве доля радиоактивности столба еще меньше, а при воздушном взрыве она приближается к нулю. Но, по-видимому, часть радиоактивных частиц грибовидного облака успевает опуститься, т. е. перемещается нисходящими воздушными потоками еще до момента, когда радиоактивное облако достигнет своей максимальной высоты.

Имеются данные, которые позволяют утверждать, что при ядерных взрывах мегатонной мощности большая часть радиоактивных веществ первоначально сосредоточивается в нижней трети грибовидного облака. Можно предположить также, что и при взрывах меньшей мощности какой-то из слоев радиоактивного облака отличается более высоким содержанием радиоактивных продуктов. Однако расположение слоя с максимальной активностью, по-видимому, меняется от взрыва к взрыву, в зависимости от атмосферных условий.

9.51. Поскольку частицы различного размера выпадают на поверхность с разной скоростью и поскольку они отличаются по активности, то схема выпадения радиоактивных веществ будет в значительной мере зависеть от распределения частиц по размерам внутри радиоактивного облака после их конденсации. Обычно крупные частицы выпадают быстрее, и они отличаются большей радиоактивностью, чем мелкие частицы, а поэтому район, непосредственно прилегающий к эпицентру взрыва, где они больше всего выпадают, должен оказаться более зараженным, а более отдаленные районы заражаются меньше.

9.52. Расположение крупных и мелких частиц внутри радиоактивного облака может зависеть и от характера того материала, который попадает в огненный шар. Наземный взрыв в условиях города может, например, дать совершенно не такое распределение частиц, как взрыв на полигоне в штате Невада или в Тихом океане. Но в отсутствие доказательств противного можно все же считать, что распределение радиоактивных продуктов взрыва в большом городе не должно сколько-нибудь значительно отли-

чаться от распределения, которое наблюдалось во время испытательных взрывов, производившихся в пустыне Невада на поверхности и на башне.

Район заражения

9.53. Самые крупные частицы радиоактивного облака и столба выпадают вскоре после взрыва, а поэтому заражают местность в непосредственной близости от эпицентра. Мелкие частицы опускаются на землю лишь через много часов после взрыва. За время движения под действием господствующих ветров они уносятся на сотни километров от эпицентра взрыва. Самые мелкие частицы не обладают сколько-нибудь значительной скоростью выпадения, а поэтому они могут много раз совершать путешествие вокруг земли, прежде чем опуститься на землю, обычно с дождем или снегом.

9.54. Благодаря распространению мелких частиц на большое расстояние от места взрыва радиоактивное заражение местности возможно на расстояниях значительно больших, чем те, на которых опасно действие ударной волны, волны сжатия, светового излучения и начального ядерного излучения. Известно, что, чем больше частицы облака остаются в воздухе, тем меньше будет активность их после выпадения на землю. И тем не менее количество радиоактивных частиц после наземного ядерного взрыва большой мощности так велико, что в течение целых суток местность будет интенсивно заражаться. Радиоактивные частицы из облака после любого одного взрыва охватывают громадные пространства, а поэтому радиоактивное выпадение следует рассматривать как один из важнейших поражающих факторов ядерного взрыва.

9.55. Важным фактором, который определяет площадь района заражения и распределение активности в пределах этого района, является структура ветров в пространстве между поверхностью земли и верхней кромкой радиоактивного облака. Направление и скорость ветра на уровне этого облака определяют характер его перемещения и размеры. Кроме того, ветры в пространстве ниже радиоактивного облака обусловливают снос радиоактивных частиц в том или ином направлении относительно эпицентра взрыва. Процесс может осложниться под действием дождя и особенностей рельефа. По всем этим причинам, в связи с неравномерным распределением активности внутри облака и из-за изменений в направлении и скорости ветра, отдельные участки района заражения получают гораздо больше радиоактивных продуктов, и там образуются участки повышенной радиоактивности.

Схемы распределения радиоактивных продуктов взрыва

9.56. Данные о распределении радиоактивных продуктов взрыва получены на основе наблюдений во время испытательных взрывов ядерных бомб, которые проводились на Невадском полигоне и на испытательной станции Эниветок. Однако анализ и толкование результатов испытаний, а также использование их с целью предсказания схемы выпадения в условиях наземного взрыва в большом городе сопряжены с большими трудностями. Это больше всего относится к результатам взрывов на испытательной станции Эниветок. Поскольку часть радиоактивных продуктов взрыва приходится на долю просторов Тихого океана, то схему распределения радиоактивных частиц в зоне заражения пришлось определять на основе сравнительно небольшого числа дозиметрических измерений. Кроме того, на результаты испытаний влияет близость морской воды, о чем будет рассказано ниже.

9.57. Мощность испытательных взрывов на полигоне в штате Невада не превышала 100 килотонн, а проводились они преимущественно на стальных вышках высотой от 30 до 210 м или на аэростатах на высоте от 120 до 450 м. Ни один из этих взрывов нельзя рассматривать как истинный наземный взрыв, и есть основания считать, что на распределение выпадения не может не влиять также сама вышка. Известны также данные о наземных взрывах, но мощность их не превышала 1 килотонны, а поэтому результаты испытаний не могут быть использованы при рассмотрении возможных последствий взрывов большей мощности. Испытания термоядерных бомб мощностью 15 мегатонн проводились на испытательной станции Эниветок. Небольшая часть таких испытаний проводилась на коралловых островах, а большинство — на баржах, которые находились в лагунах или же на коралловых рифах. Во всяком случае радиоактивное облако захватывало довольно значительное количество морской воды, а поэтому выпадение радиоактивных веществ сильно отличалось от выпадения, которое связывается с истинным наземным взрывом.

9.58. Сложный характер распределения радиоактивных продуктов взрыва ясен из рис. 9.58а и 9.58б. Контурные линии проведены через точки, соответствующие измеренной интенсивности излучения через 12 часов после взрыва. На рис. 9.58а приводятся данные взрыва «Больцман» (12 килотонн, на вышке 150 м), который проводился 28 мая 1957 года, а на рис. 9.58б приводятся данные по взрыву «Тэрк» (43 килотонны, на вышке 150 м), который был проведен 7 марта 1955 г. Из-за неодинаковой картины ветров результаты экспериментов оказались совершенно различными.

Обращает на себя внимание и образование после взрыва «Больцман» участка повышенной активности приблизительно в 100 км к северу — северо-западу от северной границы полигона в штате Невада. На этом участке отмечалась в 7 раз большая радиоактивность, чем в районах, которые непосредственно прилегают к нему. Участок повышенной активности находился сразу же за горным хребтом, с подветренной стороны от него, причем в окрестностях участка в период выпадения радиоактивных продуктов взрыва отмечался дождь. Причиной возникновения участка

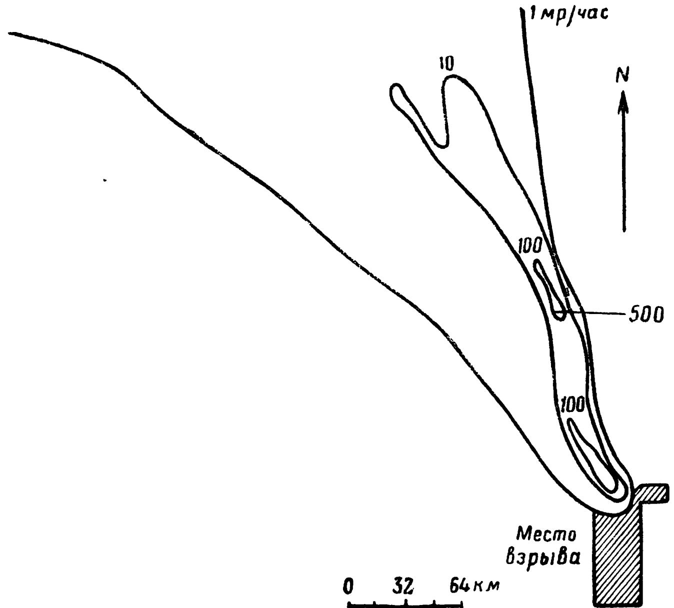


Рис. 9.58а. Контуры интенсивности излучения при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва «Больцман», произведенного на полигоне в штате Невада

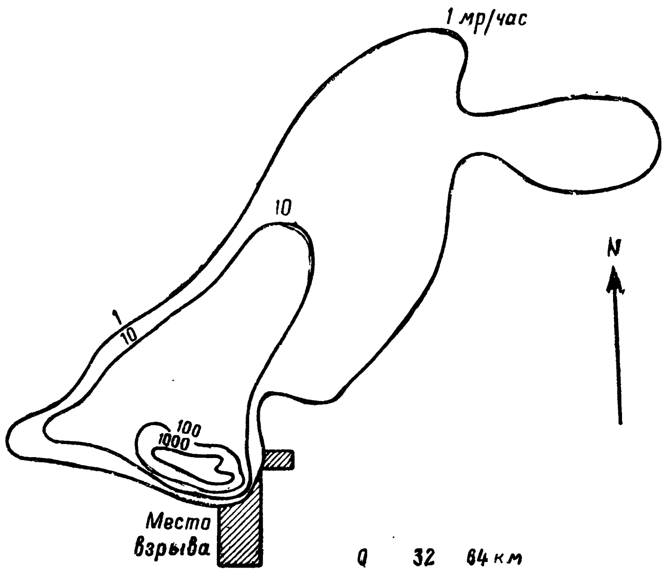


Рис. 9.58б. Контуры интенсивности излучения при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва «Тэрк», произведенного на полигоне в штате Невада

повышенной активности могут быть и характер рельефа, и выпадение дождя, и, быть может, оба фактора вместе.

9.59. Дозиметрические измерения на Тихом океане, которые проводились в связи с испытательными взрывами мегатонной мощности, показали, что в районе выпадения радиоактивных продуктов взрыва отмечались участки с различной интенсивностью излучения. Есть основания полагать, что возникновение участка повышенной активности на расстоянии 80—120 км с подветренной стороны от эпицентра было типично для взрывов на испытательной станции Эниветок. Должен ли возникнуть такой участок повышенной активности после наземного взрыва — совершенно неизвестно.

Прогнозирование контуров района выпадения радиоактивных продуктов взрыва

9.60. Для прогнозирования интенсивности заражения и суммарной (аккумулированной) дозы излучения в связи с радиоактивным выпадением разработано несколько методов, различных по своей сложности. Эти методы можно разделить на четыре основные категории: математическая модель выпадений, идеальная схема выпадений, предсказание зараженных участков и создание имитационных моделей. Для применения любого из этих методов необходимо знать, разумеется, суммарную мощность взрыва и выход энергии деления, высоту взрыва, структуру ветров по всем слоям, включая верхнюю кромку радиоактивного облака.

9.61. Метод моделирования радиоактивного выпадения представляет собой попытку математического описания района заражения после конкретного взрыва и построения (на основе некоторых обязательных допущений) расчетных контурных линий по точкам приблизительно равной интенсивности излучения. Сама методика такого моделирования весьма сложна, и для решения ряда конкретных задач она требует применения цифровых вычислительных машин. Поэтому она используется в основном для теоретических исследований процесса выпадения и для подготовки моделей, которые используются при прогнозировании методами имитации. Иногда для прогнозирования района выпадения применялись и менее подробные математические модели, разработка которых не требовала применения цифровых вычислительных машин.

9.62. Метод имитационного моделирования, который, вообще говоря, основан на сравнении, состоит в том, что выбирается какой-то один контур из каталога данных, относящихся к взрывам различной мощности в условиях той или иной структуры ветров. Выбор аналога — имитационной модели — определяется мерой сходства условий мощности взрыва и структурой ветров между

моделями каталога и подлежащим рассмотрению случаем. Каталог может состоять из реальных схем радиоактивного выпадения, из экстраполяционных и интерполяционных схем, которые созданы на основе этих зарегистрированных схем, и, кроме того, из прогнозов, которые получены в результате расчетов на основе математического моделирования.

9.63. Прогнозирование зон зараженных участков требует лишь минимума детальной информации и дает общее качественное представление о контурах района и времени выпадения радиоактивных веществ. Такой метод дает грубое представление об относительной степени заражения района, но не позволяет определить расчетное значение интенсивности излучения для каких-либо зон зараженных участков. Он позволяет быстро и просто дать необходимый прогноз и в полевых условиях, точность его, вероятно, вполне достаточна, если удовлетворительна точность данных о мощности взрыва и структуре ветров.

ИДЕАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ВЫПАДЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА

Ядерные взрывы большой мощности

9.64. Разработаны идеальные контуры районов выпадения радиоактивных продуктов взрыва, которые позволяют представить средний район заражения в условиях взрыва данной мощности и при заданной структуре ветров. Метод не предусматривает предсказания участков с неоднородной интенсивностью излучения, которые неизбежны в любой реальной схеме выпадения. И все же, несмотря на все недостатки идеальных схем, они могут успешно использоваться, например, для определения возможного заражения местности при взрывах большой мощности. Хотя эти схемы не обеспечивают получения точных данных по заражению отдельных участков, общая степень заражения всего района может быть определена с достаточной точностью.

9.65. Для более точного прогнозирования конфигурации и размеров района выпадения радиоактивных продуктов взрыва необходимо учитывать силу и направление всех ветров на всех высотах от поверхности земли до верхней кромки радиоактивного облака. Однако для составления идеальной схемы выпадений используются только данные об эффективных ветрах, т. е. данные о средней скорости ветра и его направлении в самой характерной полосе радиоактивного облака. Такой характерной полосой является обычно полоса между основанием столба и средней частью головки грибовидного облака.

9.66. Если предположить, что направление ветра с увеличением высоты не изменяется, то при идеальной схеме выпадений район заражения будет иметь сигарообразную форму. Однако если направление ветра с высотой меняется, то выпадение будет

наблюдаться на обширной площади по мере удаления от центра взрыва. Интенсивность заражения с увеличением расстояния от центра взрыва в этом случае будет меньше, поскольку такое же количество радиоактивных продуктов взрыва будет выпадать на большей площади. При небольшой скорости ветра район выпадения радиоактивных продуктов окажется менее вытянутым в направлении ветра. В этом случае интенсивность заражения на больших расстояниях от эпицентра уменьшится, тогда как в непосредственной близости от эпицентра с подветренной стороны она будет больше. В случае сильного ветра площадь заражения увеличивается, интенсивность заражения на удаленных участках окажется выше, а интенсивность заражения на участках непосредственно около эпицентра взрыва с подветренной стороны будет меньше.

9.67. Прежде чем показать идеальную схему выпадения, важно понять, как происходит выпадение радиоактивных осадков на большую площадь в течение нескольких часов после наземного взрыва мощностью 1 мегатонна. В качестве иллюстрации можно рассмотреть рис. 9.67а и 9.67б. Эффективная скорость ветра принята равной 24 км/час. На рис. 9.67а показаны серии контуров (линии равной интенсивности заражения), соответствующих произвольно определенным округленным значениям, которые могут наблюдаться на местности через соответственно 1, 6 и 18 часов после взрыва. На рис. 9.67б даются серии контуров, соответствующих суммарным (или аккумулированным) дозам для тех же периодов времени. Разумеется, изменение интенсивности и дозы излучения от одной контурной изолинии к другой протекает постепенно. Подобным же образом внешние контурные линии нельзя рассматривать как предельные границы района радиоактивного заражения для соответствующих периодов времени; уменьшение интенсивности заражения будет происходить постепенно за пределами этих контуров.

9.68. Рассмотрим сначала участок местности, расположенный на расстоянии 35 км от эпицентра взрыва с подветренной стороны от него. Пусть через 1 час после взрыва измеренная интенсивность излучения составит 10 р/час, быстро нарастая в течение последующего часа и достигая 1000 р/час; затем интенсивность излучения к шестому часу после взрыва уменьшается до 300 р/час. Через 18 часов после взрыва интенсивность излучения уменьшится приблизительно до 80 р/час. Увеличение интенсивности излучения в первые 6 часов после взрыва означает, что в течение первого часа после взрыва выпадение радиоактивных продуктов в данной местности не закончилось. Уменьшение интенсивности излучения в период от 6 до 18 часов связано с естественным распадом продуктов деления. Из рис. 9.67б видно, что суммарная доза излучения, полученная в данном месте в течение первого часа после взрыва, очень невелика, так как выпадение продуктов взрыва в это время только началось. Спустя 6 часов

после взрыва суммарная доза достигает уже более 3000 р, а спустя 18 часов — около 4800 р. Затем суммарная доза будет продолжать возрастать со временем, стремясь к предельному значению, но увеличиваясь медленнее.

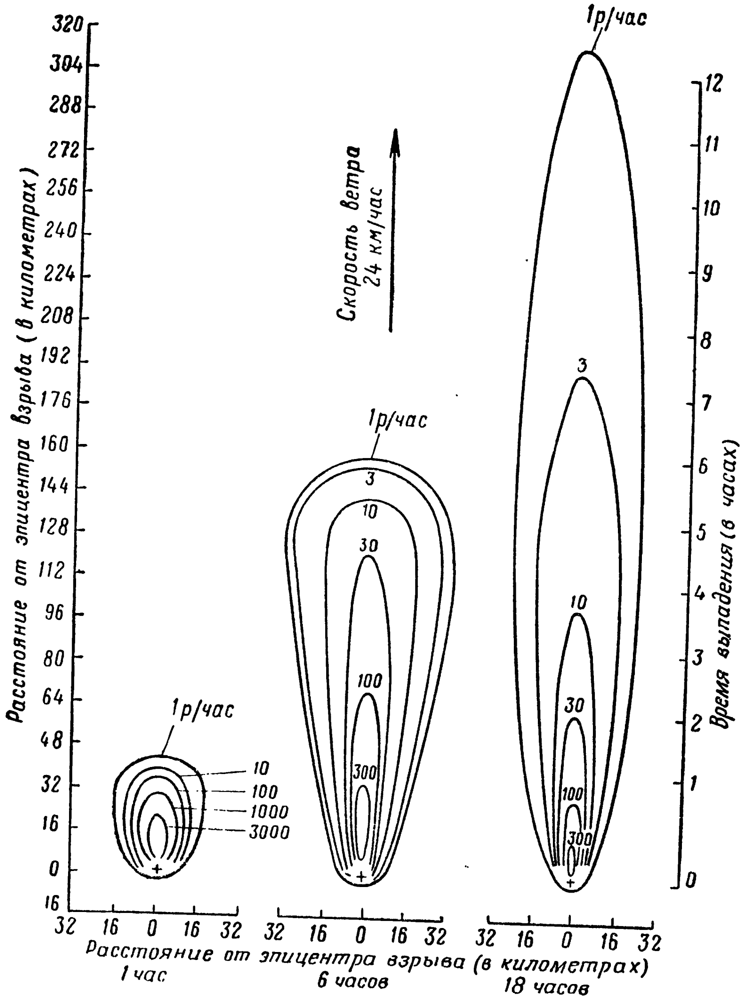


Рис. 9.67а. Различные значения интенсивности излучения, обусловливаемые ранним выпадением радиоактивных продуктов взрыва через 1, 6 и 18 часов после наземного ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну (средняя скорость ветра 24 км/час)

9.69. Теперь рассмотрим участок местности на расстоянии 160 км от эпицентра взрыва с подветренной стороны от него. Через 1 час после взрыва интенсивность излучения, как это видно

из рис. 9.67а, будет равна нулю; выпадение радиоактивных продуктов взрыва в данном районе еще не началось. Через 6 часов интенсивность излучения приблизительно равна 1 р/час, а через

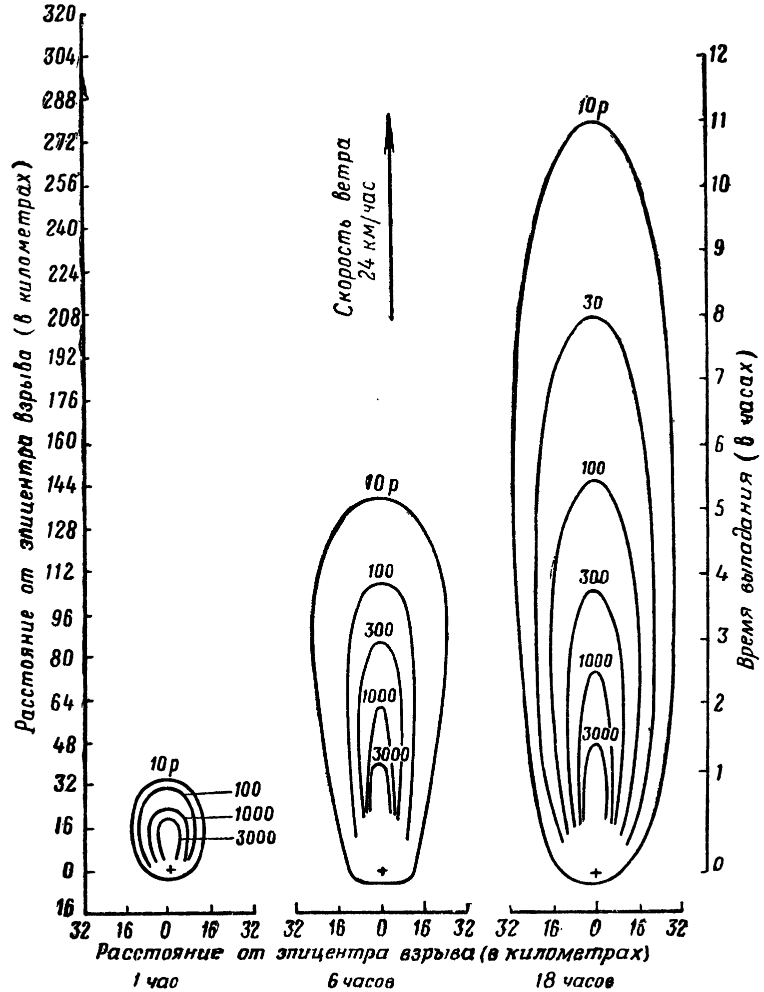


Рис. 9.67б. Различные значения суммарной дозы излучения, обусловливаемые ранним выпадением радиоактивных продуктов взрыва через 1, 6 и 18 часов после ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну (средняя скорость ветра 24 км/час)

18 часов — приблизительно 5 р/час. Выпадение радиоактивных продуктов взрыва начинается примерно на шестом часу, а через 9 часов оно в основном заканчивается, хотя установить этот факт непосредственно по приведенным контурам весьма затруд-

нительно. Суммарная доза излучения, как это видно из рис. 9.67б, через 1 час после взрыва равна нулю, через 6 часов она меньше 1 р, а через 18 часов составляет почти 80 р. Суммарная доза в дальнейшем будет не так велика, как на участках местности, которые находятся ближе к эпицентру взрыва, так как количество продуктов деления, выпадающих на землю, уменьшается с увеличением расстояния от эпицентра взрыва.

9.70. Вообще говоря, всегда проходит какое-то время, прежде чем начнется выпадение радиоактивных продуктов в любой данной точке местности на некотором расстоянии от эпицентра взрыва. Это время зависит от расстояния до эпицентра взрыва и от эффективной скорости ветра. Когда выпадение только начинается, интенсивность излучения в это время очень невелика, но по мере оседания радиоактивных продуктов она непрерывно увеличивается. После окончания выпадения интенсивность излучения в связи с радиоактивным распадом продуктов деления начинает непрерывно уменьшаться. Разумеется, что до начала выпадения суммарная доза будет равна нулю, но после начала выпадения эта доза будет постоянно расти, сначала быстро, а затем несколько медленнее, в течение многих месяцев и даже лет.

9.71. Кривые на рис. 9.71*а* и *б* позволяют иллюстрировать изменение интенсивности излучения и суммарной дозы излучения со временем в случае выпадения радиоактивных продуктов на расстоянии 56 и 240 км с подветренной стороны от эпицентра взрыва мощностью 5 мегатонн. Как интенсивность излучения, так и суммарная доза излучения равны нулю до тех пор, пока радиоактивные продукты не начнут выпадать в указанных точках, т. е. до 1 часа после взрыва в первой точке и до 10 часов — во второй. В это время начинается увеличение интенсивности излучения, которая затем достигает своего максимального значения, а после этого начинает уменьшаться, сначала быстро, по мере распада короткоживущих изотопов, а затем медленнее. Суммарная доза излучения непрерывно возрастает со времени выпадения радиоактивных продуктов, стремясь к своему пределу.

9.72. Представить данные об интенсивности заражения и суммарной дозе излучения, как это сделано на рис. 9.67а и 9.67б, для любого времени после взрыва, очевидно, очень трудно. Применение идеальной схемы совместно с понятием эталонной интенсивности излучения, о которой говорилось в п. 9.16, позволяет упростить эту задачу. Посредством кривых, которые приводились выше (рис. 9.16а, 9.16б и 9.20), можно определить интенсивность излучения и суммарную дозу в связи с выпадением радиоактивных продуктов взрыва в любой момент после взрыва и в любой точке на заданном расстоянии от эпицентра с подветренной стороны от него.

Пример расчета.

Дано. Наземный взрыв мощностью 10 мегатонн при эффективной скорости ветра между поверхностью земли и высотой

24 км — 40 км/час. Выход энергии деления предполагается равным 50%.

Определить. Эталонную интенсивность излучения, время начала выпадения, дозу облучения за 7 дней после начала выпадения при расстояниях 160, 320 и 480 км от центра взрыва в направлении ветра, а также удаление от эпицентра контура, соответствующего эталонной интенсивности излучения 1 р/час в направлении против ветра.

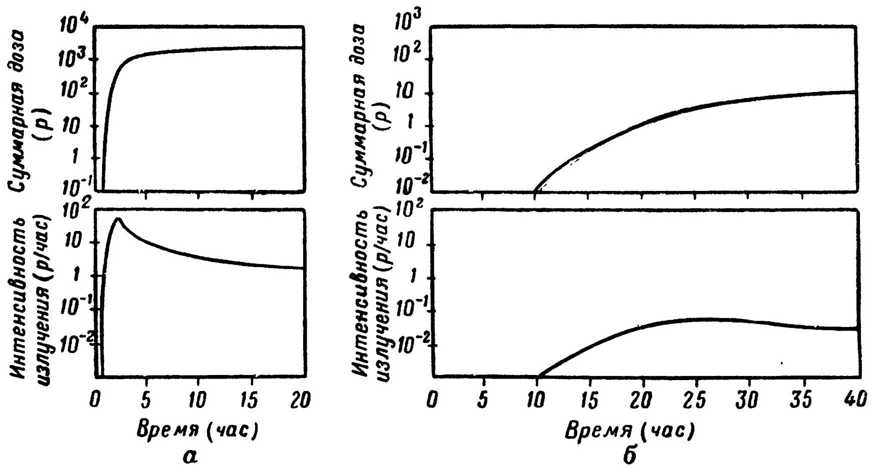


Рис. 9.71. *а*) Зависимость интенсивности излучения и суммарной дозы излучения от времени после взрыва на расстоянии 56 км
б) Зависимость интенсивности излучения и суммарной дозы излучения от времени после взрыва на расстоянии 240 км

Методика расчета рассматривается в п. 9.75; о распределении радиоактивных продуктов в наветренной стороне говорится в п. 9.83. Процесс приведения контуров на рис. 9.73 рассматривается в п. 9.79.

Решение. Эталонная интенсивность излучения, приведенная для соответствующей скорости ветра, определяется из графика 9.73 и равна 270 р/час на расстоянии 160 км от эпицентра, 60 р/час на расстоянии 320 км и 24 р/час на расстоянии 480 км. Затем по закону подобия результаты преобразуются для условий ядерного взрыва с энергией деления 5 мегатонн, откуда искомые значения эталонной интенсивности излучения для точек 160, 320, 480 км от эпицентра равны соответственно 270×5, 60×5 и 24×5, т. е. 1350 р/час, 300 р/час и 120 р/час.

При ветре 40 км/час облако переместится на 160 км за 160 : 40 = 4 часа, на 320 км за 320 : 40 = 8 часов и на 480 км за 480 : 40 = 12 часов.

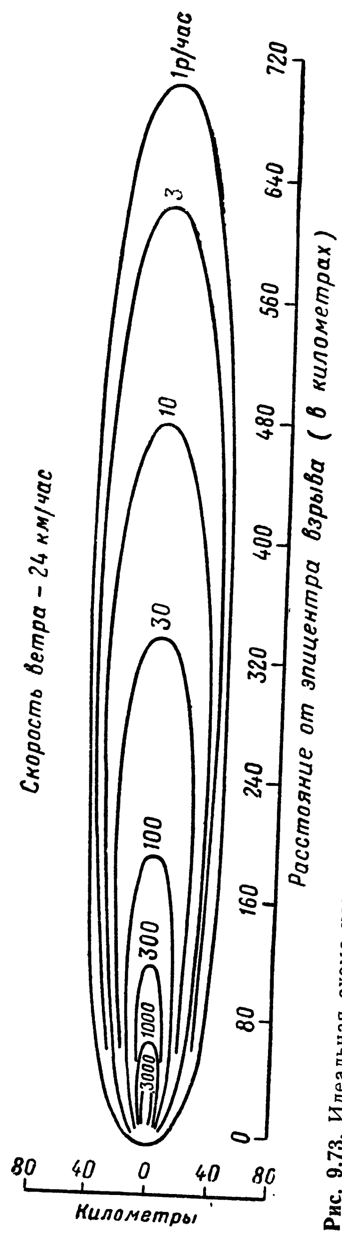


Рис. 9.73. Идеальная схема контуров эталонной интенсивности излучения при раннем выпадении радиоактивных продуктов наземного взрыва мощностью в 1 мегатонну (средняя скорость ветра 24 км/час)

Для вычисления полученной дозы время входа в зоны заражения на расстоянии 160, 320 и 480 км принимается равным 4 часа после взрыва для первой зоны, 8 часов — для второй и 12 часов — для третьей. По графику на рис. 9.26 находим, что суммарная доза облучения за первые 7 дней после начала выпадения составляет соответственно $1350 \times 2 = 2700$ р, $300 \times 1{,}50 = 450$ р и $120 \times 1{,}2 = 144$ р.

По графику на рис. 9.85 находим, что при взрыве мощностью 10 мегатонн радиус изолинии интенсивности излучения 1 р/час равен 33,8 км. При скорости ветра 40 км/час центр контуров сместится в направлении ветра на расстояние $0{,}4 \times 40 = 16$ км. Следовательно, смещение контура, который соответствует эталонной интенсивности излучения 1 р/час, составит $33{,}8 - 16 = 17{,}8$ км. Точность вычислений сохраняется только в том случае, если к рассматриваемому времени выпадение радиоактивных продуктов полностью закончилось.

9.73. На рис. 9.73 изображены контуры, соответствующие различным значениям эталонной интенсивности излучения после наземного ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну; эффективная скорость ветра составляет 24 км/час. В основе этого графика частично лежат результаты наблюдений, проведенных при различных испытательных взрывах, и частично теоретические расчеты. Максимальное расстояние от эпицентра и ширины контуров для различной интенсивности излучения до 0,1 р/час приводятся в таблице 9.73. Пример расчета с применением таблицы 9.73 приводится на странице перед рис. 9.73. Вопрос о выпадении радиоактивных продуктов с наветренной стороны от эпицентра здесь не рассматривается.

Таблица 9.73

Размеры эллипсовидных контуров, соответствующие различной интенсивности излучения для наземного ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну при эффективной скорости ветра 24 км/час

Эталонная интенсивность излучения дозы (р/час)	Расстояние от эпицентра в направлении ветра (км)	Максимальная ширина контура (км)
3000	37	9,6
1000	67	16,0
300	119	19,2
100	192	28,8
30	336	48,0
10	480	67,2
3	625	80,0
1	704	89,6
0,3	800	96,0
0,1	848	99,2

9.74. Необходимо понять, что вычисленные идеальные значения интенсивности излучения и суммарной дозы излучения, которые получены на основе графика 9.73, совпадут с результатами контрольных дозиметрических измерений в условиях открытой местности при полном отсутствии каких бы то ни было средств защиты от остаточного ядерного излучения. При наличии защиты доза излучения от выпавших радиоактивных веществ будет меньше.

Применение закона подобия

9.75. Для определения идеальной схемы распределения радиоактивных продуктов ядерного взрыва мощностью F мегатонн значения интенсивности заражения, соответствующие различным контурным линиям на рис. 9.73, можно умножить на величину F. Так, если суммарная мощность взрыва равна M млн. т и 50% энергии выделяется в форме энергии деления, то соответствующий коэффициент будет равен 0,5 M. Такой метод приведения величин, хотя и очень простой, дает довольно точные результаты при рассмотрении наземных ядерных взрывов мощностью от 0,1 до 10 мегатонн. Можно предположить, однако, что для ядерных взрывов мощностью более 1 мегатонны этот метод дает несколько преувеличенные результаты в отношении изолиний максимальной интенсивности излучения и суммарной дозы излучения. Если не считать нескольких отдельных точек в непосредственной близости от эпицентра, интенсивность излучения, по данным наблюдений, вряд ли может где-либо превышать 10 000 р/час. Это объясняется, по-видимому, тем, что с возрастанием энергии деления увеличивается и первоначальный объем радиоактивного облака; отсюда следует, что увеличение энергии деления может существенным образом повлиять на плотность радиоактивных продуктов в области их максимальной концентрации. В районе, относительно близком к эпицентру взрыва, где интенсивность излучения весьма высока, зараженность продуктами деления не будет, таким образом, возрастать пропорционально мощности взрыва, как это можно было бы предположить на основании приводимого здесь закона подобия. На больших расстояниях от эпицентра в направлении ветра этот закон подобия дает более надежные результаты, т. е. благодаря ветру первоначальный объем радиоактивного облака не влияет сколько-нибудь существенно на концентрацию радиоактивного выпадения на поверхности.

9.76. Следует заметить, что закон пропорционального подобия не учитывает влияния суммарной мощности взрыва, т. е. суммы энергии деления и энергии синтеза ядра; поэтому прогнозирование по закону подобия дает одни и те же результаты для схемы выпадения радиоактивных продуктов ядерного взрыва мощностью в 1 мегатонну и термоядерного взрыва мощностью в 2 мегатонны. Практически же во втором случае эталонная интенсивность

излучения вблизи эпицентра взрыва окажется, может быть, несколько меньше, так как то же количество радиоактивных продуктов взрыва будет рассредоточено в большем объеме радиоактивного облака. Как уже отмечалось, в районах, более удаленных от эпицентра взрыва в направлении ветра от него, влияние концентрации радиоактивности в первоначальном облаке незначительно. Кроме того, в этих районах влияние уменьшения концентрации радиоактивных веществ в облаке может компенсироваться за счет поднятия его на большую высоту; в этом случае путь радиоактивных частиц из более или менее сходных по концентрации слоев до места осаждения окажется длиннее.

9.77. Как указывалось в п. 9.65, под эффективными значениями скорости и направления ветра подразумеваются средние значения их между поверхностью земли и некоторой высотой, которая определяется суммарной мощностью взрыва. В качестве очень грубого приближения можно предложить следующие верхние границы атмосферных слоев для определения усредненных скоростей ветра:

Мощность взрыва	Высота
Менее 1 мегатонны	12 000 м
1—5 мегатонн	18 000 м
Свыше 5 мегатонн	24 000 м.

Эти значения достаточно точны для грубой оценки гипотетических вариантов распределения выпадения радиоактивных продуктов взрыва методами идеализации. Более точные методы прогнозирования на основе идеализации учитывают структуру ветров.

9.78. Если направление ветра с высотой не изменяется, то увеличение скорости ветра вдвое должно соответственно увеличить дальность перемещения частиц данного размера от эпицентра взрыва, так что площадь заражения будет тоже приблизительно в 2 раза больше. На основе этого вывода для построения идеальных контуров выпадения можно применять следующие законы подобия: а) величину интенсивности излучения для каждого контура по схеме распределения на рис. 9.73, где эффективная скорость ветра принята равной 24 км/час, следует умножить на $24/v$, где v — реальная эффективная скорость ветра в км/час; б) расстояния от эпицентра в направлении ветра, взятые по графику 9.73, умножаются на $v/24$. Когда, например, скорость ветра равна 48 км/час, значения интенсивности излучения по контурам следует разделить на 2, а значения расстояния от эпицентра взрыва умножить на 2.

9.79. Совершенно ясно, что приведение величин по мощности взрыва или по скорости ветра влечет за собой смещение контуров одинаковой интенсивности заражения. Смещение контура в направлении ветра по закону подобия можно определить для любой точки контура, построив график зависимости интенсивности излучения от расстояния до эпицентра взрыва и беря на получен-

ной плавной кривой значения расстояний от эпицентра взрыва, которые соответствуют искомому контуру.

9.80. Идеальная схема распределения выпадений радиоактивных продуктов взрыва, которая построена из расчета, что эффективная скорость ветра равна 24 км/час (рис. 9.73), и приведение величин по скорости ветра ведут к максимизации смещения контура в направлении ветра, так как оба метода основаны на принятии аксиомы о том, что направление ветра с высотой не изменяется. Такое допущение нельзя считать нереальным в условиях континентальной части США, так как на высотах перемещения радиоактивного облака взаимовлияние ветров обычно невелико. Когда же такое взаимовлияние становится значительным, напри-

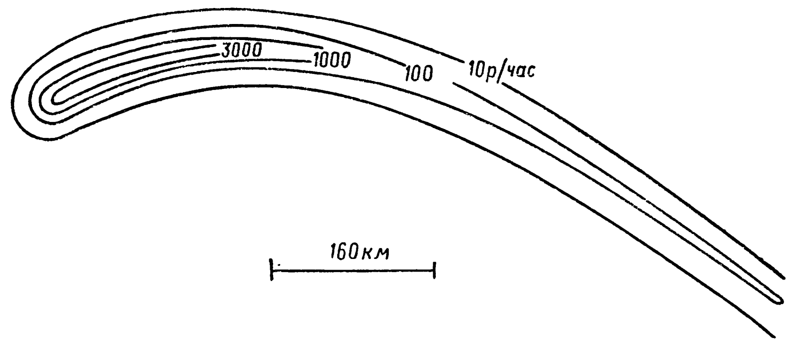


Рис. 9.82а. Идеальная схема контуров эталонной интенсивности излучения при раннем выпадении радиоактивных продуктов наземного взрыва мощностью в 8 мегатонн (средняя скорость ветра 64 км/час)

мер в случае возникновения в нижней части грибовидного облака ветров с угловым дифференциалом не менее 20°, контур выпадения будет шире и короче, чем на рис. 9.73. Фактически эталонная интенсивность излучения в точке на заданном расстоянии от эпицентра взрыва при заданной скорости ветра будет меньше расчетной величины. Но на некоторых расстояниях от эпицентра взрыва влияние поперечных ветров может выразиться и в форме увеличения эталонной интенсивности излучения.

9.81. Можно заметить, что метод приведения величин по скорости ветра, который рассмотрен в п. 9.78, поддается апроксимации и иначе: значения интенсивности излучений на контуре эталонной интенсивности излучения не изменяются, а расстояния от эпицентра взрыва по графику 9.73 умножаются на $(v/24)^{1/2}$. Если налицо значительное взаимовлияние ветров, то более точное приближение дает умножение на $(v/24)^{1/3}$. Результаты такого рода апроксимации по указанным в п. 9.75 причинам нельзя считать надежными для значений интенсивности излучения более 1000 р/час.

9.82. На рис. 9.82а изображены идеальные контуры эталонной интенсивности излучений для наземного взрыва мощностью 8 мегатонн, 50% энергии которой идет на образование продуктов деления. Эффективная скорость ветра равна 64 км/час. Вблизи эпицентра взрыва ветер юго-западный, в средней полосе от центра взрыва — западный, а на расстоянии нескольких сот километров от эпицентра взрыва — северо-западный. На рис. 9.82б предпринята попытка показать реальную картину радиоактивного выпадения в зависимости от местных метеорологических условий и состояния поверхности. Суммарное заражение района в обоих случаях одинаково, однако распределение радиоактивных продуктов,

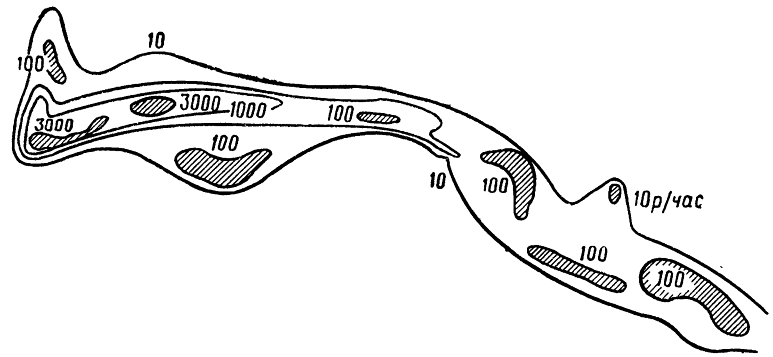


Рис. 9.82б. Действительные контуры интенсивности излучения

например положение участков повышенной радиоактивности, которые на рис. 9.82б заштрихованы, различно. Контуры интенсивности излучения на рис. 9.82б являются гипотетическими и не подтверждены результатами наблюдений; цель этого рисунка состоит в том, чтобы показать недостатки идеальной схемы распределения радиоактивных осадков. Факторы, влияющие на отклонения действительного распределения осадков от идеальной схемы, невозможно предвидеть, так как они изменяются от случая к случаю. В этих условиях лучшим выходом из положения является изображение идеальной схемы выпадения радиоактивных осадков. В то же время следует иметь в виду, что в действительности характер распределения осадков может существенно отличаться от идеальной схемы.

Схема выпадения радиоактивных продуктов с наветренной стороны от эпицентра ядерного взрыва мегатонной мощности

9.83. Методика прогнозирования контуров выпадения методом идеализации применительно к районам в наветренной стороне от эпицентра взрыва и в направлении поперечных ветров разработана на основе результатов наблюдений за ядерными взрывами

мегатонной мощности, которые проводились на полигоне Эниветок. Эта методика исходит из предположения, что распространение радиоактивных веществ в наветренной стороне от эпицентра взрыва зависит в основном от трех факторов: максимальных размеров радиоактивного облака в направлении против ветра, минимального времени выпадения частиц из наветренной части радиоактивного облака и от эффективного значения скорости ветра в пространстве между поверхностью земли и высотой расположения наиболее широкой части облака.

9.84. Наблюдения в Эниветоке показали, что во время ядерных взрывов мегатонной мощности стабилизация радиоактивного облака происходит почти на высоте тропопаузы, т. е. приблизительно в 16,5 км от поверхности. Выпадение радиоактивных продуктов взрыва по результатам наблюдений в среднем начиналось через 30 минут (0,5 часа). В континентальной части США тропопауза лежит ниже и расчетное время начала выпадения равно приблизительно 24 минутам (0,4 часа). Отсюда следует, что в процессе падения частицы из наветренной кромки облака будут опускаться обратно в направлении эпицентра взрыва и пройдут по горизонтали такое расстояние в километрах, которое равно эффективной скорости ветра, умноженной на 0,5, а в условиях континентальной части США — эффективной скорости ветра, умноженной на 0,4. Такими же соображениями можно руководствоваться при определении конкретных контуров определенной интенсивности излучения. Можно предположить, что в отсутствии ветра эти контуры представляли бы собой окружности с центром в эпицентре взрыва. Радиус каждого из контуров в этом случае зависел бы только от суммарной мощности взрыва и доли энергии, полученной за счет реакции деления. По-видимому, ветер не может сколько-нибудь существенно влиять на радиус контура, но должен вызвать смещение центра кругов в направлении ветра на такое же расстояние, на которое перемещаются частицы радиоактивного облака.

9.85. На основании данных о выпадении радиоактивных продуктов взрыва в наветренной стороне и в направлении, перпендикулярном распространению ветра, которые получены во время испытаний на полигоне Эниветок, построены контуры эталонной интенсивности излучения для 1 р/час, 10 р/час и 100 р/час. Эти контуры относятся к выпадению в условиях полного отсутствия ветра, а радиусы соответствующих окружностей на рис. 9.85 представлены в форме функции суммарной мощности применительно к наземному взрыву, когда доля энергии взрыва, полученная за счет реакции деления, составляет 50%. Если бы выход энергии в процентах был выше или ниже 50, то соответствующую интенсивность излучения по графику 9.85 следовало бы умножить на отношение реального выхода энергии к 50. По графику можно также судить о радиусе, при котором максимальное избыточное давление ударной волны составит 0,49 кг/см², и размерах радиоактивного облака

спустя 10 минут после взрыва; считается, что 10 минут — это среднее время стабилизации облака.

9.86. Для преобразования этих данных в идеальные контуры выпадения радиоактивных продуктов взрыва, соответствующие условиям реальной обстановки, необходимо знать скорость и направление эффективного ветра. Учитывая неопределенность высоты основания облака, рекомендуется рассмотреть эффективные скорости ветра для двух высот, 12 км и 18 км, и взять наименьшее значение. Что касается направления ветра, то его следует брать для высоты 12 км. Умножение средней скорости ветра на 0,4 позволяет получить величину смещения центров контурных окружностей в направлении ветра в условиях континентальной части США.

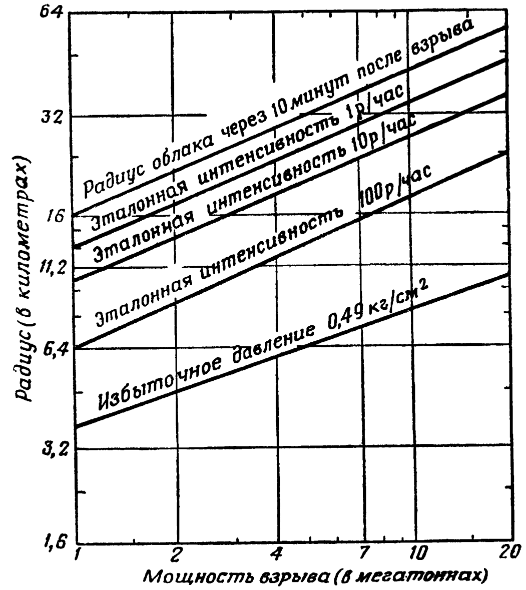


Рис. 9.85. Зависимость размеров зон с различной эталонной интенсивностью излучения при раннем выпадении продуктов взрыва из стабилизировавшегося облака и зоны с максимальным избыточным давлением ударной волны 0,49 кг/см² от мощности наземного взрыва

9.87. В качестве иллюстрации рассмотрим пример наземного ядерного взрыва мощностью 10 мегатонн (50% энергии выделяется за счет реакции деления). Допустим, что средняя скорость ветра между поверхностью земли и высотой 12 км равна 40 км/час, а направление его 30°; средняя скорость ветра на высоте 18 км равна 32 км/час. Отсюда следует, что для определения зоны выпадения радиоактивных продуктов взрыва в наветренной стороне от эпицентра взрыва следует взять эффективное значение скорости ветра 32 км/час, а направление — 30°. Тогда смещение центра контурных окружностей в направлении ветра составит 0,4×32 = =12,8 км. Из графика 9.85 находим следующие радиусы контурных окружностей эталонной интенсивности излучения при ядерном взрыве мощностью 10 мегатонн: 1 р/час — 33,6 км; 10 р/час — 26,4 км; 100 р/час — 17,6 км.

Теперь, взяв точку на расстоянии 12,8 км от эпицентра взрыва в направлении ветра от него, проведем три полуокружности с этими радиусами, как это показано на рис. 9.87. Любой контур, например контур 100 р/час, проходящий через окружность сплош-

ного разрушения ударной волной (максимальное избыточное давление 0,49 кг/см²), в нашем случае — окружность с радиусом 8 км можно считать областью неопределенности. Область полного разрушения должна быть заражена наведенной радиоактивностью и выпадениями из пылевого столба, каково бы ни было направление ветра.

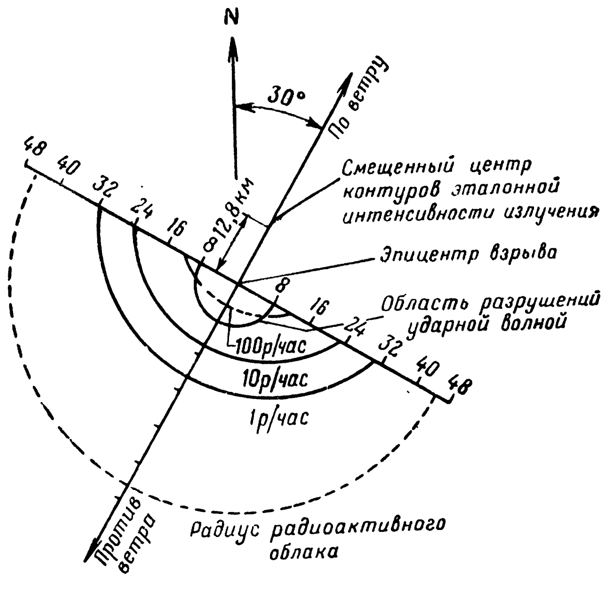


Рис. 9.87. Пример расчета схем контуров выпадения радиоактивных продуктов взрыва

9.88. В основу предложенного метода приняты некоторые допущения. Считается тем не менее, что недостатки этого метода прогнозирования вполне компенсируются его простотой и возможностью быстрого получения хотя бы приблизительных данных о размерах района радиоактивного заражения в наветренной стороне от эпицентра взрыва.

Ядерные взрывы килотонной мощности

9.89 Основные характеристики выпадения радиоактивных продуктов взрыва после наземного ядерного взрыва килотонной мощности в основном не отличаются от характеристик более мощных взрывов. Разумеется, в связи с уменьшением количества продуктов деления площадь сильного заражения будет меньше. Кроме того, из-за меньшей высоты первоначального радиоактивного облака радиоактивные вещества быстрее осаждаются на землю и не в такой степени удаляются от эпицентра взрыва. Тем не менее

максимальная интенсивность излучения около эпицентра взрыва и на небольших расстояниях от него будет приблизительно такой же, как и после ядерного взрыва большей мощности.

9.90. В таблице 9.90 приводятся типовые контуры одинаковой интенсивности излучения для наземного ядерного взрыва мощностью 20 килотонн при средней скорости ветра 24 км/час. Пользуясь законом подобия, можно преобразовать этот контур для взрывов мощностью от 1 до 100 килотонн и для любой эффективной скорости ветра, подобно тому как это уже делалось применительно к взрыву мощностью в 1 мегатонну. Нельзя, однако, распространять метод определения радиоактивного выпадения с наветренной стороны, который предлагался для расчетов при взрывах мегатонной

Таблица 9.90

Контуры эталонной интенсивности излучения с подветренной стороны от эпицентра наземного ядерного взрыва мощностью 20 килотонн при средней скорости ветра 24 км/час

Эталонная интенсивность излучения (р/час)	Расстояние по ветру (км)	Максимальная ширина (км)
3000	1,6	Менее 0,8
1000	4,8	Менее 1,6
300	11,2	1,6
100	22,4	3,2
30	51,2	6,4
10	96,6	9,6
3	160,0	17,6
1	240	25,6

мощности, на прогнозирование контуров выпадения после взрывов килотонной мощности. Перемещение радиоактивных продуктов взрыва в наветренной стороне при таких взрывах окажется гораздо меньше, поскольку в этом случае уменьшится само радиоактивное облако. Под действием наведенной радиоактивности, выпадений из пылевого столба, выброса из воронки и выпадения наиболее крупных частиц радиоактивного облака интенсивность излучения в районе около эпицентра взрыва окажется очень высокой.

9.91. Вообще говоря, влияние неоднородности ветров по направлению проявляется гораздо сильнее при взрывах килотонной мощности, чем при взрывах мегатонной мощности, так как большую часть времени радиоактивные частицы находятся в нижних, турбулентных слоях атмосферы. В связи с этим площадь в пределах контуров высокой интенсивности излучения уменьшается и сами контуры становятся короче и шире. Образуются также обширные районы заражения с невысокой интенсивностью излучения.

Причины неопределенности прогнозирования

9.92. Хотя рассмотренные выше варианты прогнозирования методом идеализации в тех или иных конкретных условиях можно считать вполне удовлетворительными, нельзя не подчеркнуть, что они годятся лишь для решения задач общего планирования. Подробная картина радиоактивного заражения и уменьшения или увеличения радиоактивности в районе заражения определяется несколькими факторами. Вблизи эпицентра взрыва определенную роль играет наведенная радиоактивность, которая образуется в результате захвата нейтронов атомами элементов почвы. Определить же величину наведенной радиоактивности трудно, так как она зависит от соотношения реакций деления и синтеза ядер в процессе взрыва, а также от высоты взрыва и характера почвы. На интенсивность излучения в районе заражения влияет также образование участков повышенной радиоактивности, не поддающихся прогнозированию. Возникновение их зависит от целого ряда условий, которые еще не получили полного объяснения. Возможно, что образование участка повышенной радиоактивности на некотором расстоянии от эпицентра взрыва с подветренной стороны от него является характерной чертой радиоактивного выпадения при взрывах мегатонной мощности. На величину суммарной дозы излучения в районе заражения может влиять также характер рельефа местности в связи с его экранирующим действием. Приводимые на рис. 9.73 данные относятся к сравнительно плоской земной поверхности необитаемых районов, т. е. к местности, которая аналогична району проведения испытаний. В условиях города средняя суммарная доза излучения благодаря зданиям и деревьям может оказаться на 25—30% ниже, чем на открытой местности.

9.93. На скорость распада радиоактивных продуктов взрыва, а значит и на суммарную дозу излучения, влияет процесс выветривания. Ветер может перенести часть радиоактивных веществ из одного района в другой и таким образом изменить картину распределения радиоактивных веществ. С другой стороны, во время дождя радиоактивные вещества могут проникнуть в почву, в связи с чем интенсивность излучения непосредственно на поверхности должна несколько уменьшиться. Разумеется, что степень этого уменьшения будет зависеть от особенностей климата и поверхности. Но считается, что в средних широтах процесс выветривания практически не имеет значения в первый месяц после взрыва. В течение же нескольких лет интенсивность излучения уменьшается до 50% расчетной величины. Если во время взрыва идет дождь, контуры районов выпадения радиоактивных продуктов взрыва могут весьма значительно измениться (п. 9.95 и далее).

9.94. Для прогнозирования минимального времени после ядерного взрыва, которое должно пройти, чтобы можно было войти в город или возобновить сельскохозяйственные работы, можно воспользоваться сплошными кривыми на рис. 9.16а и 9.16б. И все же не рекомендуется полностью доверять такого рода подсчетам, учитывая возможное влияние рассмотренных выше причин неопределенности прогнозирования. Более того, следует учесть, что состав радиоактивных продуктов взрыва изменяется с расстоянием от эпицентра взрыва; соответственно изменяется и скорость радиоактивного распада этих веществ. Через 3 месяца после ядерного взрыва интенсивность излучения на местности составит лишь 0,01% от эталонной интенсивности (т. е. пересчитанной на 1 час после взрыва), т. е. уменьшится в 10 000 раз, а поэтому почти любой участок района заражения будет вполне безопасен для проведения дозиметрических измерений при условии, что за то время не имело места какое-либо дополнительное заражение района.

Выпадение радиоактивных продуктов взрыва с дождем

9.95. Если находящиеся в воздухе радиоактивные продукты взрыва попадут в область дождевого фронта, то значительная их часть выпадает на землю вместе с дождем. Следует заметить, однако, что верхняя кромка дождевой облачности обычно находится ниже 6 км, тогда как большая часть радиоактивных продуктов взрыва мощностью более 5000 т быстро поднимается выше этой границы облачности. Отсюда следует, что продукты взрыва лишь небольшую часть времени выпадения будут оставаться в дождевых облаках, а значит, и общее количество выпадающих радиоактивных осадков во время дождя не изменится сколько-нибудь существенным образом. В районах за пределами зоны дождя несколько нарушается, вероятно, закономерность распределения радиоактивных веществ, так как на участках ливневого дождя кое-где возникнут места повышенного заражения. На выпадение радиоактивных веществ из столба облака дождь или снег, вероятно, почти не влияют, поскольку частицы столба осаждаются на землю довольно быстро после взрыва, независимо от того, идет или не идет дождь (снег).

9.96. При наземном ядерном взрыве небольшой мощности, если он происходит во время дождя, все радиоактивное облако может оказаться внутри дождевой облачности. В этом случае в течение нескольких часов после взрыва на землю может выпасть 100% продуктов деления. Площадь района выпадения (площадь района радиоактивного дождя) может оказаться меньше, чем при отсутствии дождя, а максимальная интенсивность излучения будет выше.

9.97. Распределение выпадения радиоактивных продуктов после воздушного взрыва небольшой мощности может в значительной мере зависеть от выпадения дождя или снега. В отсутствие осадков такого рода взрыв почти не влечет за собой раннего выпадения радиоактивных веществ. Однако воздушный взрыв во время сильного дождя может явиться причиной такого же силь-

ного раннего выпадения, какое наблюдается после наземного взрыва заряда аналогичной мощности.

9.98. При воздушном ядерном взрыве большой мощности практически все радиоактивные продукты взрыва поднимутся выше дождевой облачности, а поэтому раннее выпадение не будет наблюдаться вообще или будет незначительным. Исключение из этого правила может произойти при наличии грозового фронта, так как в этом случае дождь может выпадать с высоты до 18 км. В случае попадания радиоактивных веществ в грозовую облачность через несколько часов после взрыва могут возникнуть отдельные участки повышенной радиоактивности.

Хотя концентрация радиоактивности внутри облака уменьшается со временем в результате естественного распада и рассеяния радиоактивных частиц, вынос радиоактивных частиц из грозовых облаков и через много часов после взрыва может стать причиной серьезного заражения местности на расстоянии сотен километров от эпицентра взрыва.

9.99. Следует признать, что большая часть приведенных выше соображений относительно влияния дождя на выпадение радиоактивных продуктов взрыва как при наземных, так и при воздушных взрывах носит в основном теоретический характер. Испытательные взрывы проводились с расчетом избежать возникновения радиоактивного дождя. Те немногие случаи радиоактивного дождя, которые наблюдались в связи с такими взрывами, обусловили возникновение участков сравнительно небольшой радиоактивности, а поэтому возможность возникновения участков высокой радиоактивности практически не подтверждена.

Взрыв большой мощности 1 марта 1954 года

9.100. Данные о распределении радиоактивных продуктов взрыва при раннем выпадении, которые приводились выше, можно дополнить описанием радиоактивного заражения на Маршальских островах в результате испытательного взрыва большой мощности «Браво», произведенного у атолла Бикини 1 марта 1954 года. Общая мощность взрыва соответствовала приблизительно 15 мегатоннам. Взрыв производился на коралловом острове, и образовавшиеся в результате этого взрыва радиоактивные продукты, состоявшие из частиц диаметром 0,002—0,05 см, вызвали сильное заражение района сигарообразной формы протяженностью свыше 530 км и шириной до 100 км. Кроме того, отмечалось образование участка высокой радиоактивности в наветренной стороне от эпицентра взрыва на расстоянии до 32 км от него. Общая площадь зараженной территории превышала 18 000 км^2. Радиоактивное заражение было настолько сильным, что потребовалось бы эвакуировать людей с этой территории или же принять меры защиты, с тем чтобы избежать поражений.

9.101. Результаты взрыва «Браво» представляют особый интерес, поскольку прогнозы контуров выпадения радиоактивных продуктов взрыва в результате мощных взрывов основаны главным образом на заключениях, сделанных на основе дозиметрических измерений после взрыва. Имеющиеся данные о расчетных значениях суммарной дозы в различных участках района заражения через 96 часов после взрыва на рис. 9.101 показаны точками. Через эти точки была проведена серия контурных линий, которая, как оказалось, довольно хорошо согласуется с расчетными данными. Возможны, однако, и иные контуры выпадения: один из них, например, связывает образование района интенсивного выпадения на северных островах Ронгелапской коралловой гряды с возникновением там участка повышенной радиоактивности, и по этой причине контурная линия суммарной дозы излучения 3000 р несколько смещена в направлении атолла Бикини.

9.102. Следует отметить, что соответствующие контуры для одинаковых доз являются результатами вычислений на основе данных дозиметрических измерений. Эти контуры служат для указания максимально возможной суммарной дозы, которая может быть получена лишь лицами, находящимися на открытой местности и лишенными в течение всего времени пребывания в районе заражения какой бы то ни было защиты. Любая форма укрытия, например здания, а также эвакуация из района заражения позволили бы уменьшить дозу облучения. С другой стороны, те лица, которые остаются в районе заражения более 96 часов, получат большую дозу остаточного излучения.

9.103. Доза облучения в 700 р, полученная в течение 96 часов, по всей вероятности, будет смертельной в большинстве случаев. Отсюда, по-видимому, следует, что после испытательного взрыва 1 марта 1954 года полоса длиной в направлении ветра 260 км и шириной до 50 км была настолько заражена радиоактивными продуктами, что они представляли бы серьезную опасность для жизни почти всех людей, которые оставались бы в этом районе без средств защиты по крайней мере в течение 96 часов после взрыва. На расстоянии 480 км и более по направлению ветра число смертельных случаев, вызванных остаточным излучением, было бы незначительно, но, по-видимому, на этом расстоянии наблюдалось бы много случаев заболеваний лучевой болезнью, приводящей к временной нетрудоспособности.

9.104. Период времени — 96 часов, для которого на рис. 9.101 приводятся суммарные дозы излучения, выбран несколько произвольно. Следует отметить, однако, что, как уже не раз указывалось в этой главе, излучения продуктов деления будут продолжаться в течение длительного времени, но с непрерывно убывающей интенсивностью. Представления о влиянии продолжительности внешнего гамма-излучения можно получить, рассмотрев два различных участка на атолле Ронгелап, которые были заражены в результате испытательного взрыва «Браво». Выпадение радио-

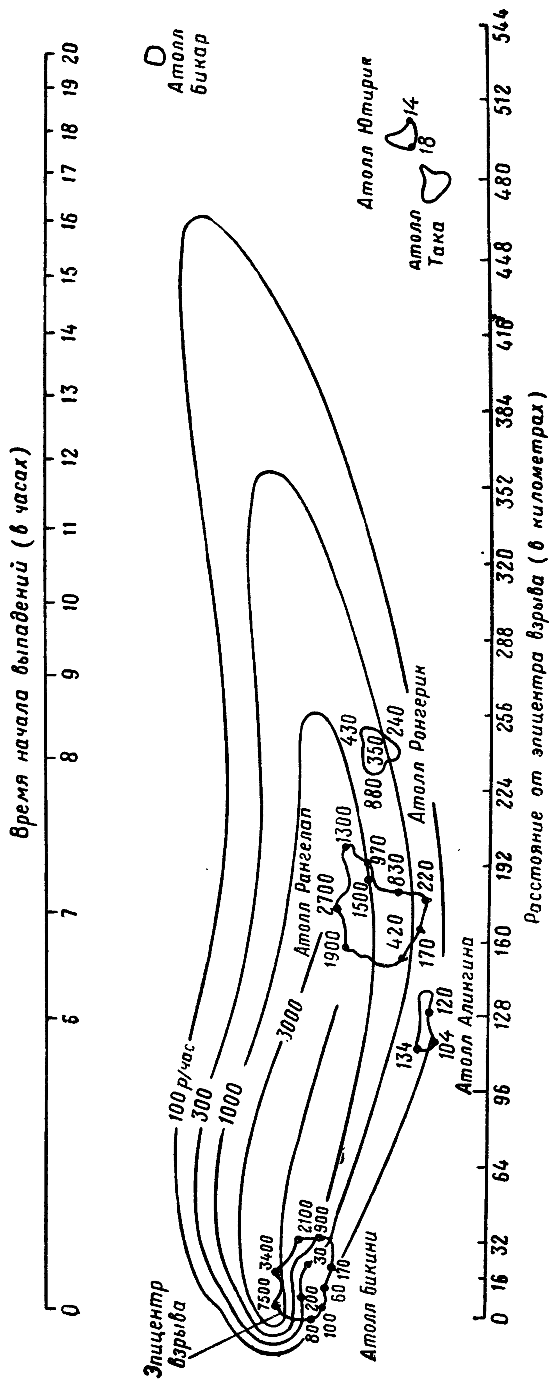


Рис. 9.101. Расчетная схема контуров интенсивности излучения (через 96 часов после взрыва «Браво»)

активных продуктов взрыва началось через 4 6 часов после взрыва и продолжалось в течение нескольких часов.

9.105. На северо-западной оконечности атолла, в 160 км от места взрыва, суммарная доза, полученная в течение первых 96 часов после начала выпадения радиоактивных продуктов взрыва, составила 3300 р. Это было наиболее интенсивное заражение, зарегистрированное когда-либо на таком расстоянии от места взрыва, и его можно рассматривать как участок повышенной радиоактивности. Примерно в 40 км южнее и в 180 км от эпицентра взрыва суммарная доза для этого же времени составляла только 220 р. Жители атолла Ронгелап, находившиеся в этом районе до их эвакуации в течение 44 часов после начала выпадения радиоактивных продуктов взрыва (п. 11.126), получили суммарную дозу в 175 р. Максимальные теоретически возможные дозы излучения

Таблица 9.105

Расчетные дозы излучения, обусловленные выпадением радиоактивных веществ на двух участках местности на атолле Ронгелап после взрыва у атолла Бикини 1 марта 1954 года

Время после взрыва	Суммарная доза за данное время (р)	
	населенный район	ненаселенный район
Первые 96 часов	220	3300
От 96 часов до 1 недели	35	530
От 1 недели до 1 месяца	75	1080
От 1 месяца до 1 года	75	1100
Всего за 1 год	405	6010
Свыше 1 года	Около 8	Около 115

для этих двух участков атолла для различных промежутков времени после взрыва, вычисленные по кривым радиоактивного распада, приведены в таблице 9.105.

9.106. Следует подчеркнуть, что в таблице 9.105 указаны максимально возможные в данной местности вычисленные суммарные дозы, так как при подсчете их значений предполагалось, что люди, подвергающиеся облучению, находятся вне укрытий (на открытой местности) в течение всех суток и что никаких мер по дезактивации в течение этого времени не предпринималось. Кроме того, данные таблицы не учитывают влияния выветривания (возможного рассеивания частиц ветром). Интенсивность излучения, измеренная в некоторых районах Маршальских островов, на 25-й день после взрыва оказалась примерно на 60% меньше расчетной величины. Известно, что на второй неделе там прошли дожди, и этим, вероятно, объясняется значительное уменьшение интенсивности излучения.

9.107. В заключение следует отметить, что схема выпадения радиоактивных продуктов взрыва в районе атолла Бикини, указанная на рис. 9.101, а также схема распределения эталонной интенсивности излучения (рис. 9.73) могут рассматриваться как более или менее типичные, поэтому ими можно пользоваться в целях планирования. Следует только иметь в виду, что они не могут считаться абсолютно верными. Конкретная обстановка, сложившаяся на Маршальских островах, явилась результатом сочетания таких факторов, как мощность и высота взрыва, характер местности в районе взрыва, распределение ветров и другие метеорологические условия. Изменение любого из этих факторов могло бы значительно повлиять на схему выпадения радиоактивных продуктов взрыва.

9.108. Таким образом, приведенная схема выпадений представляет собой возможную, но не обязательную схему того, что происходит после наземного ядерного взрыва большой мощности. Общее направление выпадения радиоактивных продуктов взрыва можно определить довольно легко, если известно распределение ветров. Однако мощность взрыва и его высота при ядерном нападении противника представляют собой факторы, которые трудно предвидеть. Но невозможно заранее определить, насколько далеко будет простираться площадь сильного заражения, хотя время начала радиоактивных выпадений в любой точке может быть вычислено, если известна скорость среднего ветра и его направление.

9.109. Несмотря на некоторые неясности, которые встречаются при построении точной схемы выпадения радиоактивных продуктов взрыва, из приведенных выше данных можно сделать некоторые крайне важные выводы. Один из них заключается в том, что при некоторых условиях остаточное ядерное излучение может представлять серьезную опасность на значительном расстоянии от места ядерного взрыва, далеко за пределами радиусов действия воздушной ударной волны, а также светового и начального ядерного излучений. Второй вывод состоит в том, что практически возможно разработать план мероприятий, направленных на уменьшение этой опасности; однако эти планы должны быть достаточно гибкими, для того чтобы они могли быстро видоизменяться в соответствии с конкретной обстановкой, возникающей после ядерного нападения.

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАРАЖЕНИЕ ПРИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВАХ

Радиологическая война

9.110. В течение некоторого времени рассматривался вопрос о возможности использования заранее приготовленных радиоактивных веществ в качестве наступательного оружия, т. е. вопрос о так называемой радиологической войне. Основная идея здесь заключается в том, что радиоактивное заражение местности, промышленных предприятий и оборудования приведет к тому, что их использование будет либо невозможным, либо крайне опасным, причем такое заражение не будет сопровождаться разрушением материальных ценностей.

Для большей эффективности используемые в качестве боевых средств радиоактивные вещества должны испускать гамма-излучение и обладать периодом полураспада в несколько недель или месяцев. Радиоактивные изотопы с длительным периодом полураспада испускают излучение малой интенсивности; для того чтобы они могли быть эффективными, их необходимо применять в очень больших количествах. Изотопы с коротким периодом полураспада распадаются слишком быстро и поэтому не могут проявлять свое вредное воздействие в течение длительного времени.

9.111. Даже если бы удалось подобрать радиоактивный изотоп, обладающий нужными свойствами и несложной технологией производства, в качестве боевого радиоактивного средства, разрешение проблемы производства, обращения и доставки этого изотопа, обладающего интенсивным гамма-излучением, к цели представляли бы значительную трудность. Кроме того, значительную трудность представляет собой проблема хранения запасов радиоактивных веществ. Другие виды оружия могут быть произведены заранее и могут храниться готовыми для использования при чрезвычайных обстоятельствах. Их можно хранить в течение длительного времени без ущерба для их качества. Этого нельзя сказать о средствах радиологической войны, так как благодаря естественному распаду будет происходить непрерывная потеря их активности. Производство специфического изотопа представляет собой трудоемкий процесс, и поэтому непрерывное и неизбежное снижение его активности является серьезным недостатком.

9.112. Положение изменилось в связи с разработкой ядерных боеприпасов, образующих при взрыве большое количество продуктов деления. Взрыв такого боеприпаса на небольшой высоте может привести к радиоактивному заражению больших площадей, лежащих за пределами зоны механических разрушений. Поэтому эти боеприпасы, по существу, являются оружием радиологической войны. Вместо того чтобы производить и хранить средства радиологической войны заранее, со всеми сопутствующими этому трудностями, проще применять ядерное оружие взрывного действия; в этом случае радиоактивные вещества образуются в результате деления в момент ядерного взрыва. Радиологическая война автоматически стала, таким образом, дополнением к наступательному использованию ядерного оружия взрывного действия большой мощности.

Заражение площадей

9.113. В п. 9.110 указывалось, что радиоактивное заражение может превратить значительные территории в непригодные для использования на длительный период времени. Подобное зараже-

ние вызывает два следствия, которые необходимо рассмотреть. Первое следствие заключается в непосредственном вредном воздействии излучения на людей, которым приходится жить и работать в зараженном районе; второе проявляется косвенно в результате потребления продовольствия, производимого в зараженном районе. Методы расчета доз облучения, обусловленного продуктами деления при условии отсутствия защитных средств, приведены выше в этой главе. Эти методы позволяют определить время, в течение которого можно оставаться на данной местности при условии, что установлен какой-то предел допустимой суммарной дозы облучения. Величину такой предельной дозы нельзя устанавливать заранее, поскольку она целиком будет зависеть от дозы облучения, которую человек мог получить ранее, и от величины опасности радиационного поражения, которой он может подвергнуться в конкретных условиях.

9.114. В зараженных сельских местностях опасность поражений может быть уменьшена путем перепахивания верхнего слоя почвы, в результате чего выпавшие на поверхность радиоактивные частицы попадают в нижний почвенный слой. Однако в связи с этим может появиться опасность попадания радиоактивных продуктов взрыва в растения, а следовательно, и в организм человека с пищей.

Известно, что одни элементы усваиваются живыми организмами легче, а другие труднее. Процесс усвоения этих элементов зависит в основном от характера почвы, а также от некоторых других факторов. В настоящее время эта в высшей степени сложная проблема детально изучается с целью определения степени опасности, возникающей вследствие усвоения продуктов деления растениями, а также с целью разработки способов уменьшения этой опасности.

Заражение при подземных взрывах

9.115. Степень заражения радиоактивными продуктами при подземном взрыве зависит главным образом от глубины, на которой произошел взрыв. Если взрыв произойдет на достаточно большой глубине, то радиоактивные продукты деления и неразделившиеся остатки вещества заряда, а также радиоактивные продукты, образовавшиеся при захвате нейтронов, в атмосферу не попадут. После такого взрыва сколько-нибудь значительного выпадения радиоактивных продуктов взрыва не произойдет. С другой стороны, если взрыв произойдет на небольшой глубине и при этом огненный шар прорвется наружу, то последствия такого взрыва, поскольку речь идет о радиоактивных выпадениях, будут немногим отличаться от последствий наземного взрыва.

9.116. В действительности будет наблюдаться постепенный переход от явлений, сопровождающих воздушный взрыв на большой высоте, когда почти все радиоактивные продукты взрыва рассеиваются в атмосфере, к явлениям, наблюдающимся при взрыве на большой глубине, когда все радиоактивные вещества остаются в земле. Между этими двумя крайними видами взрывов находятся наземные взрывы и воздушные взрывы на небольшой высоте, сопровождающиеся значительным заражением местности, обусловленным выпадением радиоактивных продуктов взрыва. Эти взрывы в свою очередь по характеру производимого ими заражения аналогичны взрывам на небольшой глубине. С увеличением глубины взрыва все большая часть радиоактивных продуктов остается вблизи места взрыва, т. е. внутри воронки или возле нее, вследствие чего пропорционально меньшая часть этих продуктов поднимается в верхние слои атмосферы, откуда они потом выпадают вдали от места взрыва.

9.117. Поскольку взрыв на небольшой глубине, когда огненный шар вырывается в атмосферу, в основном аналогичен наземному взрыву, при котором большая часть огненного шара касается поверхности земли, нет необходимости рассматривать далее взрывы этого типа. Особый интерес, однако, представляет случай взрыва на такой глубине, при которой огненный шар не вырывается наружу, но тем не менее значительное количество земли выбрасывается в воздух в виде столба.

9.118. Следует отметить, что некоторое усиление остаточного ядерного излучения после подземного взрыва происходит за счет радиоактивных изотопов, например натрия-24, образующихся в результате захвата нейтронов. Однако так же, как и в случае наземного взрыва, это излучение настолько незначительно по сравнению с излучениями продуктов деления, что им можно пренебречь.

9.119. Подземный взрыв на небольшой глубине приводит к образованию значительной воронки. Большая часть радиоактивных веществ остается в районе воронки отчасти из-за того, что эти вещества не выбрасываются в атмосферу, и отчасти из-за того, что крупные зараженные куски и обломки, выброшенные в воздух, выпадают вблизи места взрыва. Более мелкие частицы, образующиеся непосредственно при взрыве или находящиеся в базисной волне, останутся в воздухе во взвешенном состоянии и выпадут на некотором расстоянии от центра взрыва.

9.120. Расположение контурных линий, характеризующих радиоактивное заражение, будет зависеть от мощности и глубины взрыва, характера грунтов, а также от скорости и направления ветра и других метеорологических условий. При всех других более или менее равных условиях зараженность в районе воронки после подземного взрыва будет приблизительно такая же, как и при наземном взрыве. Однако при подземном (неглубоком) взрыве общий размер зараженной площади будет больше, вследствие того что в этом случае количество радиоактивных продуктов взрыва, выпадающих на поверхность, будет более значительным.

Подводные взрывы

9.121. При подводном взрыве на небольшой глубине радиоактивное заражение района определяется базисной волной, а также радиоактивным облаком (гл. 2). Радиоактивное облако поднимается в этом случае не так высоко, как при взрыве на поверхности или в воздухе на небольшой высоте, а поэтому большая часть радиоактивных продуктов взрыва выпадает в районе эпицентра взрыва, в радиусе нескольких километров. Во время испытаний «Бейкер» в заливе Бикини радиоактивные продукты взрыва (радиоактивный дождь) состояли как из твердых частиц, так и из заключенных в каплях воды кристаллов соли. Удаление радиоактивных веществ с борта судна оказалось трудной задачей, и, если бы личный состав кораблей, которые участвовали в испытаниях, оставался на борту во время взрыва, а выпавшие частицы не устранялись немедленно, люди могли получить весьма значительные дозы облучения. Поскольку взрыв «Бейкер» производился в неглубоком месте, радиоактивное облако могло освобождаться от продуктов за счет частиц материала дна, которые сначала поднимались в атмосферу, а затем быстро опускались, усиливая таким образом зараженность района взрыва.

Предполагается, что при проведении подводного взрыва в более глубоких водоемах и на небольшой глубине радиоактивное облако оказалось бы значительно меньше того, которое наблюдалось в лагуне Бикини, а в некоторых случаях оно вообще не образовалось бы.

9.122. Базисная волна как в видимой, так и в невидимой ее частях образуется водой, которая скатывается с гребня к нормальной поверхности и разносит радиоактивные частицы во все стороны, охватывая находящиеся вблизи корабли и наземные посты наблюдения. Интенсивность излучения при прохождении базисной волны достигает очень большой величины (в первые секунды после образования волны приблизительно до 100 000 р/час). Но следует отметить, что интенсивность излучения быстро уменьшается, поскольку концентрация радиоактивности уменьшается в результате радиального расширения базисной волны и вследствие радиоактивного распада продуктов деления. Суммарная доза излучения, полученная на каком-либо заданном расстоянии от эпицентра, будет зависеть от направления и скорости ветра, перемещающего базисную волну; для личного состава кораблей вблизи места взрыва полученная доза может оказаться летальной.

9.123. Соотношение радиоактивности продуктов деления, перемещаемых с базисной волной, и продуктов, выпадающих (включая радиоактивные осадки с дождем) из радиоактивного облака, будет определяться расстоянием от эпицентра, глубиной взрыва и условиями среды; можно предположить, что если бы испытательный взрыв «Бейкер» в лагуне Бикини производился на несколько большей глубине, то образования радиоактивного облака вообще не наблюдалось бы, а значит, вся зараженность района была бы связана с продуктами деления, содержащимися в базисной волне. Важное значение для образования радиоактивного облака в воздухе может иметь глубина взрыва и близость дна. Далее, на выпадение радиоактивных осадков может повлиять и состояние атмосферы. По всем этим соображениям испытательный взрыв «Бейкер» нельзя рассматривать как абсолютно типовой пример подводного взрыва на небольшой глубине.

9.124. При взрывах на большой глубине воздушное радиоактивное облако не образуется, а следовательно, не наблюдается выпадения радиоактивных продуктов взрыва и радиоактивного дождя. Поэтому радиационные поражения возникают в этом случае только в связи с базисной волной, которая по своим характеристикам аналогична базисной волне от подводного взрыва на небольшой глубине. Будет ли базисная волна от глубокого взрыва более или менее радиоактивной по сравнению с базисной волной от взрыва на небольшой глубине — это зависит от выноса продуктов деления, которые заключены внутри подводного пузыря, образовавшегося в результате взрыва. Если все радиоактивные продукты взрыва будут захвачены базисной волной, то она окажется гораздо более радиоактивной, чем в случае взрыва на небольшой глубине, когда часть радиоактивных продуктов деления выбрасывается вверх, образуя облако в воздухе. С другой стороны, если взрыв будет проведен на большой глубине, то может случиться, что большая часть радиоактивных продуктов взрыва останется погребенной в воде и лишь небольшая будет захвачена базисной волной. Во всяком случае точная картина распределения радиоактивных продуктов взрыва будет зависеть прежде всего от состояния пузыря из паров и газов в период выхода его на поверхность (п. 2.84).

9.125. Среди радиоактивных продуктов взрыва встречается ряд газов, которые более или менее трудно поддаются растворению. При взрывах на умеренной глубине эти радиоактивные газы могут оказаться выброшенными на поверхность. И хотя образования радиоактивного облака не происходит, источником радиационного поражения могут стать кроме базисной волны выброшенные радиоактивные газы.

9.126. Явления, возникающие при ядерных взрывах на поверхности воды, будут, вероятно, аналогичны тем, которые наблюдаются при взрыве на небольшой глубине; остается невыясненным, однако, вопрос об образовании в этом случае базисной волны. Процессы же выпадения радиоактивных продуктов и радиоактивного дождя из образующегося в этом случае облака будут довольно значительно отличаться в зависимости от состояния атмосферы.

9.127. Большая часть остающихся в воде и на дне радиоактивных продуктов выпадает первоначально вблизи эпицентра взрыва.

Если взрыв происходит на большой глубине, то радиоактивные продукты останутся в тех слоях воды, где пузырь из горячего газа и паров, поднимавшийся к поверхности, находился в состоянии сжатия. В результате опускания гребня волны и выхода пузыря значительное количество продуктов взрыва окажется на поверхности около эпицентра взрыва. Эти продукты будут затем рассеиваться, так что уже через 15 минут — 1 час интенсивность излучения снизится до величины, безопасной для личного состава кораблей.

9.128. Данные о скорости рассеивания радиоактивных продуктов взрыва и уменьшения интенсивности излучения после подводного взрыва на небольшой глубине, которые получены на основе наблюдений во время испытательного взрыва «Бейкер» в лагуне Бикини, приводятся в таблице 9.128. Хотя интенсивность излучения радиоактивных продуктов в воде через 4 часа после взрыва оставалась довольно значительной, внутри корабля наблюдалось довольно заметное ослабление активности, так что полученная личным составом суммарная доза была бы небольшой. Через 2—3 дня после взрыва произошло расширение площади зоны заражения приблизительно до 130 км^2, но интенсивность излучения уменьшилась, и район взрыва стал совершенно безопасным для навигации.

Таблица 9.128

Интенсивность излучения и площадь зараженной поверхности воды после подводного взрыва у атолла Бикини (мощность взрыва 20 килотонн)

Время после взрыва (час)	Зараженная площадь (км^2)	Средний диаметр (км)	Максимальная интенсивность излучения (р/час)
4	42,5	7,4	3,1
38	49,0	7,7	0,42
62	130,0	12,4	0,21
86	164,0	14,2	0,042
100	189,0	15,2	0,025
130	285,0	18,8	0,008
200	425,0	22,8	0,0004

9.129. Радиоактивные продукты взрыва, которые возвращаются на поверхность моря из облака ядерного взрыва, распространятся по ветру гораздо дальше продуктов взрыва, находящихся в базисной волне, или продуктов, переносимых водой. Тем не менее интенсивность излучения продуктов выпадения лишь в редких случаях может оказаться такой высокой, чтобы создались препятствия для навигации судов. Радиоактивные продукты взрыва быстро смешиваются с водой, и, поскольку вода обладает весьма большой абсорбирующей способностью и ослабляет интенсивность излучения, опасность поражения оказывается гораздо меньше, чем при выпадении тех же продуктов взрыва на сушу. Под действием господствующих морских течений радиоактивная вода постепенно переместится в другие районы; таким образом, путь распространения зараженной воды можно предсказать, если имеется карта морских течений.

ОСЛАБЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО ЯДЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Альфа- и бета-частицы

9.130. Альфа- и бета-частицы при прохождении через вещество непосредственно вызывают значительную ионизацию последнего и вследствие этого быстро теряют свою энергию. После прохождения определенного расстояния, называемого длиной пробега, альфа-частица как таковая прекращает свое существование[1]. Длина пробега альфа-частицы зависит от ее начальной энергии; однако даже в случае распада плутония, при котором освобождаются альфа-частицы, обладающие очень высокой энергией, средняя длина пробега этих частиц в воздухе составляет примерно 3,8 см. В среде, имеющей большую плотность, например в воде или в тканях организма, длина пробега альфа-частиц еще меньше и составляет около одной тысячной доли от длины их пробега в воздухе. Следовательно, альфа-частицы, испускаемые радиоактивными источниками, не в состоянии проникнуть даже через внешний слой кожи (эпидерму). Из этого следует, что вопрос об ослаблении альфа-частиц, испускаемых радиоактивными источниками, находящимися вне организма, не представляет собой сколько-нибудь серьезной проблемы.

9.131. Бета-частицы, подобно альфа-частицам, обладают способностью при прохождении через вещество непосредственно вызывать его ионизацию. Но поскольку бета-частицы теряют свою энергию медленнее, то длина их пути пробега в воздухе и других материалах значительно больше. Большая часть бета-частиц, испускаемых продуктами деления, до их поглощения проходит в воздухе общее расстояние, равное 3 м (и больше). Однако так как бета-частицы непрерывно отклоняются электронами и ядрами среды от их первоначального направления движения, то они проходят сложный зигзагообразный путь, и таким образом эффективная длина их пробега несколько меньше.

9.132. Длина пробега бета-частиц зависит от плотности среды. Чем плотнее среда, тем короче длина пробега бета-частиц в ней; можно считать, что среднее эффективное расстояние, проходимое частицей с данной энергией в воде, древесине или ткани организма, составляет приблизительно 0,001 расстояния, проходимого этой частицей в воздухе. Таким образом, лица, находящиеся вну-

[1] Альфа-частица тождественна с ядром атома гелия. Потеряв большую часть своей энергии, альфа-частица захватывает два электрона и становится обыкновенным (нейтральным) атомом гелия.

три помещения, будут защищены от бета-излучения, возникающего при распаде продуктов деления, осевших вне здания. Очевидно, даже обычная одежда обеспечивает значительное ослабление бета-излучения, причем степень ослабления колеблется в зависимости от плотности одежды и числа слоев ткани. Опасность представляет только бета-излучение от веществ, которые попадают во внутренние органы или же непосредственно соприкасаются с кожей (п. 11.148).

Гамма-излучение

9.133. Длина пробега остаточного гамма-излучения в сильной степени отличается от длины пробега альфа- и бета-частиц. Это излучение, подобно гамма-лучам, составляющим часть начального ядерного излучения, обладает способностью проникать на значительные расстояния в воздухе и в тканях организма. Чтобы свести к минимуму поражающее действие остаточного гамма-излучения, необходимо принимать определенные меры, направленные на ослабление гамма-лучей, испускаемых внешними источниками. В данном случае любой способ, используемый для ослабления гамма-излучения, приведет также к значительному ослаблению как альфа-, так и бета-частиц.

9.134. Поглощение остаточного гамма-излучения, испускаемого продуктами деления и радиоизотопами, образующимися при захвате нейтронов, например натрием и магнием, подчиняется тем же закономерностям, какие были изложены в главе 8 в связи с начальным гамма-излучением. Исключение, однако, составляют наиболее ранние стадии радиоактивного распада. Это вызвано тем, что гамма-лучи, образующиеся при распаде продуктов деления, обладают в среднем значительно меньшей энергией по сравнению с энергией гамма-лучей, которые испускаются в течение первой минуты после ядерного взрыва. Это означает, что ослабление остаточного гамма-излучения достигается значительно легче, чем начального. Другими словами, для ослабления начального и остаточного излучения данным материалом на одну и ту же степень в случае остаточного излучения потребуется слой материала меньшей толщины.

9.135. Метод определения ослабления гамма-излучения радиоактивных продуктов выпадения отличается от метода расчета ослабления начального гамма-излучения. Начальное гамма-излучение исходит из эпицентра, тогда как остаточное излучение связано с излучением от радиоактивных продуктов, которые распределились на земле, крышах, деревьях. Трудность задачи связана с тем, что эффективная толщина ослабляющего материала зависит от распределения выпавших продуктов деления (геометрии распределения), а значит, она определяется степенью зараженности района и положением радиоактивных продуктов относительно защищаемого объекта. Имеются данные об ослаблении остаточного излучения типовыми жилыми домами; они основаны частично на

расчетах и частично на измерениях при моделировании радиоактивного заражения.

9.136. Некоторые данные по степени ослабления гамма-излучения в различных местах одно- и двухэтажных зданий с кирпичной облицовкой и деревянных зданий каркасного типа приведены в таблице 9.136. Степень ослабления есть отношение дозы, которую человек мог бы получить вне укрытия, к дозе, получаемой в указанной части строения. Следует подчеркнуть, что эти цифры являются приближенными. Отклонения возможны и в связи с конструктивными особенностями здания, и в связи со свойствами среды (например, влияние соседних строений).

Таблица 9.136

Степень ослабления гамма-излучения в различных местах жилых зданий

Площадь основания (м²)	Тип здания			
	одноэтажные дома с кирпичной облицовкой		одноэтажные каркасные дома	
	Местоположение			
	центр первого этажа	центр подвального помещения	центр первого этажа	центр подвального помещения
90,0	3,4	22	2,3	20
108,0	3,1	18	2,2	17
135,0	3,1	16	2,3	15
180,0	3,0	14	2,2	13

Площадь основания (м²)	Тип здания			
	двухэтажные дома с кирпичной облицовкой		двухэтажные каркасные дома	
	Местоположение			
	центр первого этажа	центр подвального помещения	центр первого этажа	центр подвального помещения
90,0	4,4	54	2,3	44
108,0	4,4	41	2,4	37
135,0	4,4	37	2,4	34
180,0	4,1	34	2,4	29

9.137. Из таблицы очевидно, что более тяжелые сооружения (с кирпичной облицовкой) обеспечивают более эффективную защиту от гамма-излучения, чем каркасные дома. Следует отметить также, что степень ослабления излучения в середине первого этажа в одноэтажном и двухэтажном каркасном доме приблизительно одинакова, а в домах с кирпичной облицовкой различие довольно ощутимо. Это объясняется тем, что в домах с кирпичной облицовкой, в отличие от домов с более легкими стенами, источником значительной части суммарной дозы излучения являются радиоактивные продукты, выпадающие на крышу. Поскольку пер-

вый этаж двухэтажного дома отделен от крыши большим расстоянием, доза излучения (и степень ослабления облучения) здесь становится меньше. Для любого типа здания степень ослабления

Таблица 9.139

Средние величины степени ослабления гамма-излучения в различных сооружениях

Тип сооружения	Степень ослабления
Подземные убежища (земляное покрытие около 1 м толщиной или его эквивалент). Подвал под нулевой отметкой в многоэтажных домах *	1000 и более
Подвальные убежища от радиоактивных выпадений (большие каменные дома) Подвалы, полностью заглубленные, в многоэтажных каменных домах. Центральная часть верхних этажей (кроме трех самых верхних) в высотных домах ** с массивными перекрытиями и внешними стенами.	250—1000
Подвальные убежища (жилые каркасные дома и дома с кирпичной облицовкой). Центральная часть полуподвальных помещений в многоэтажных зданиях Центральная часть верхних этажей (не считая самого верхнего) в многоэтажном доме с массивными перекрытиями и внешними стенами	50—250
Подвалы, полностью заглубленные, в одноэтажных или двухэтажных домах. Центральная часть верхних этажей (не считая самого верхнего) в многоэтажных домах с легкими перекрытиями и внешними стенами .	10—50
Полуподвальные помещения небольших одноэтажных и двухэтажных домов. Центральная часть 1-го этажа одноэтажных и двухэтажных домов с массивными каменными стенами	2—10
Все помещения легких жилых домов, находящиеся выше нулевой отметки	2 и менее

* Многоэтажные дома — дома с 3—10 этажами.
** Высотные дома — дома с 11 и более этажами.

излучения в центре первого этажа не изменяется сколько-нибудь значительно с увеличением площади помещения. Это вытекает из того факта, что увеличение дозы излучения от радиоактивных выпадений на крыше компенсирует уменьшение дозы в связи с увеличением расстояния от стен.

9.138. Из таблицы 9.136 ясны все преимущества подвального помещения как места укрытия от воздействия выпадающих радиоактивных продуктов взрыва, каков бы ни был тип дома. Приводимые значения распространяются на подвальные помещения, у которых стены не выступают над поверхностью земли; иначе говоря, подвал должен быть полностью заглублен в землю и не иметь окон. В этом случае защита от гамма-излучения гораздо эффективнее обеспечивается вблизи внешней стены, чем в центре подвала, где сильнее действуют излучения от продуктов деления, которые осели на крыше. Вот почему, в частности, обычно рекомендуется сооружать подвальные убежища вблизи той внешней стены, которая полностью заглублена.

9.139. Средние величины степени ослабления для различных помещений обобщаются в таблице 9.139. Предполагается, что все здания стоят отдельно, так что взаимовлияние соседних зданий совершенно исключается. По этим значениям можно судить об эффективности того или иного вида защиты от радиоактивных выпадений.

9.140. Следует отметить, что обычная стрелковая ячейка на одного человека, имеющая 1,2 м в глубину и 0,9 м в диаметре, обеспечивает степень ослабления излучения порядка 40, если радиоактивные продукты взрыва не попали в ячейку. Если в радиусе до 1 м от ячейки нет радиоактивных продуктов взрыва, то степень ослабления излучения ячейкой составит 100 и более.

ПОЗДНЕЕ ВЫПАДЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА

Введение

9.141. Чтобы перейти к описанию позднего выпадения радиоактивных продуктов взрыва, нужно сопоставить две основные формы выпадения радиоактивных продуктов. Отличаясь по времени и месту осаждения, они качественно отличаются и как источники биологического поражения. Опасность раннего выпадения радиоактивных продуктов взрыва заключается главным образом в гамма-излучении, испускаемом радиоактивными веществами, находящимися вне тела, а также во вторичном поражении бета-частицами радиоактивных продуктов, которые непосредственно соприкасаются с кожным покровом. В связи с тем, что большинство радиоизотопов в раннем выпадении имеет небольшой период полураспада, радиоактивность этих продуктов быстро уменьшается и меньше чем через полгода становится в тысячи раз слабее. Что касается поздних выпадений, то опасность их заключается в излучениях, испускаемых радиоактивными веществами, которые поглощаются вместе с пищей. Стронций-90 накапливается в костях, и часть его остается там в течение многих лет, создавая источник длительно действующего поражения. Одним из остаточных последствий облучения как в связи с ранним выпадением, так и под действием поздних выпадений могут быть генетические изменения, хотя значение их, вероятно, не так уж велико по сравнению с остальными вредными воздействиями. Эти последствия, как

и связанные с ними явления, более подробно рассматриваются в главе 11.

9.142. Очень мелкие частицы радиоактивного облака (диаметром в несколько микрон) под действием силы тяжести выпадают очень медленно. Поэтому в течение довольно значительного времени они остаются в атмосфере и вместе с движущимися массами воздуха переносятся на громадные расстояния. В конце концов эти радиоактивные частицы осаждаются на земле, главным образом вместе с очищающими атмосферу дождями, составляя позднее выпадение радиоактивных продуктов взрыва. Почти все остаточное излучение воздушного ядерного взрыва приходится на долю излучений радиоактивных продуктов при поздних выпадениях. При наземных взрывах на долю излучений радиоактивных видов при поздних выпадениях приходится приблизительно 40% всего остаточного излучения, а во время взрывов на поверхности воды эта доля равна уже 70%.

9.143. Позднее выпадение радиоактивных продуктов взрыва имеет две очень важные особенности. Во-первых, много радиоактивных частиц остается в атмосфере в течение длительного периода времени — недели, месяцы и иногда годы, а поэтому эти частицы рассеиваются на больших площадях поверхности земли. Во-вторых, хотя большая часть короткоживущих изотопов до выпадения их в пределах земного шара претерпевает почти полный распад, часть изотопов с большим периодом полураспада сохраняет свою активность. К ним относится, в частности, стронций-90 (период полураспада 27,7 лет) и цезий-137 (период полураспада 30,5 лет). Эти радиоактивные вещества, с одной стороны, очень медленно распадаются, а с другой — они вместе составляют довольно значительную часть продуктов деления: так, из каждых 1000 атомов деления в конечном итоге образуется 30—40 атомов стронция-90 и 50—60 атомов цезия-137. Та доза облучения, которую человек получает от стронция и цезия как источников внешнего излучения, совершенно незначительна, если сравнивать ее с дозой излучения от радиоактивных продуктов взрыва раннего выпадения. Опасность поражения радиоизотопами, составляющими позднее выпадение, заключается в возможности попадания их во внутренние органы вместе с пищей.

9.144. Конечная схема распределения радиоактивных продуктов позднего выпадения зависит от условий движения воздушных масс не в такой степени, как схема распределения раннего выпадения. Гораздо важнее то, как радиоактивные частицы входят в верхние слои атмосферы. Чтобы понять это, необходимо рассмотреть некоторые характерные особенности атмосферы.

Строение атмосферы

9.145. Одной из важнейших особенностей атмосферы является изменение температуры воздуха с высотой и зависимость этого изменения от широты места и от времени. В нижних слоях атмо-

сферы, начиная со слоя у поверхности земли, снижение температуры воздуха происходит в общем постепенно и затем достигает минимального значения. Эта область понижения температуры именуется тропосферой, а верхняя часть тропосферы, где понижение температуры прекращается, известна под названием тропопаузы.

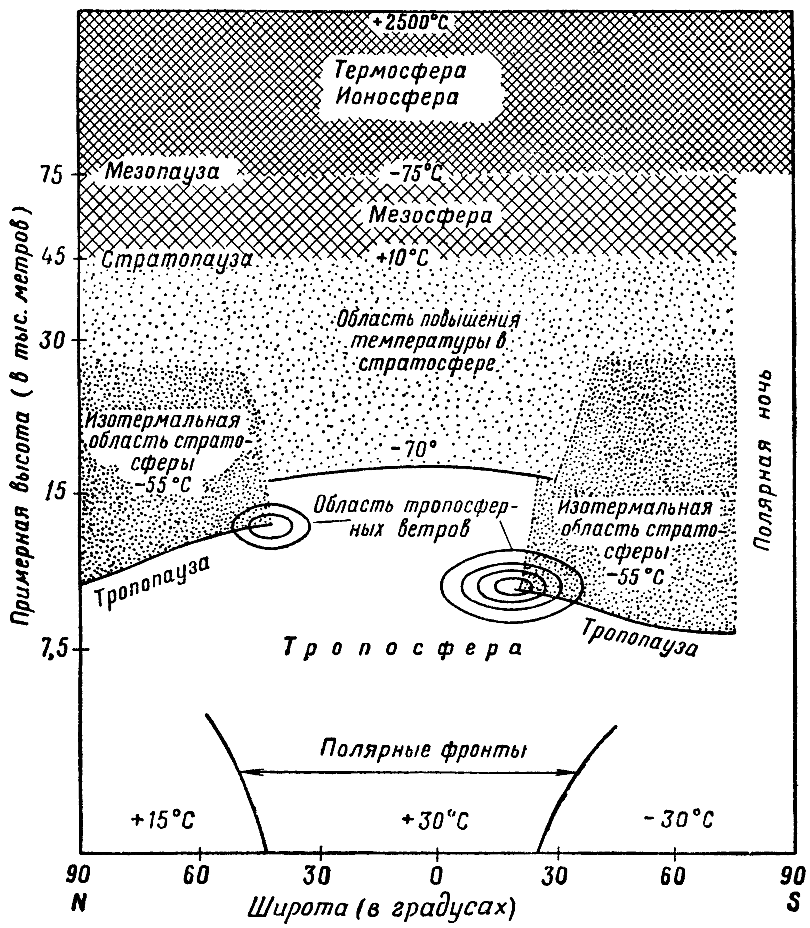


Рис. 9.145. Структура атмосферы в июле и августе

Выше тропосферы лежит стратосфера, температура которой в районах как умеренного, так и полярного климата с высотой почти не изменяется. Хотя стратосферой обычно называется весь слой воздуха выше тропопаузы, в ряде районов строение ее не столь просто (рис. 9.145). В области экватора температура стратосферы с высотой увеличивается. Такое повышение температуры страто-

сферы на большей высоте происходит в высокоширотных районах умеренного и полярного климата. В области мезосферы температура воздуха вновь начинает понижаться с высотой. Над нею лежит слой, именуемый термосферой, где температура быстро возрастает с высотой.

9.146. Большая часть визуально наблюдаемых метеорологических явлений происходит в тропосфере. Благодаря большой влажности воздуха, относительно высокой температуре его около земной поверхности, а также из-за конвекционного перемещения воздушных масс (их нестабильности) в связи с изменением температуры наблюдается образование облачности и выпадение осадков.

В средней полосе летом на широте приблизительно 45°, а зимой 30°, т. е. там, где холодные массы полярного воздуха смешиваются с теплым воздухом тропиков, образуются кочующие волнообразные полосы штормовых фронтов, которые называются полярными фронтами. В этих местах отмечается высокий среднегодовой уровень осадков.

9.147. Тропопауза, образующая верхний слой тропосферы, в полярных и средних полосах ниже, чем в тропических районах: высота ее изменяется от 7500 до 13 500 м в зависимости от широты, времени года и особенностей дня. Обычно ниже всего этот слой лежит в полярных широтах. Во время полярной ночи он может иногда совершенно исчезать. В районе тропиков этот слой в любое время года находится на высоте порядка 16 500 м. Здесь он прослеживается гораздо более четко, чем в средних и полярных широтах, так как в тропических районах над слоем тропопаузы лежит область повышения температуры, а не область постоянной температуры. В обеих средних полосах тропопауза разрывается, как это видно из рис. 9.145, и образует область необычной турбулентности.

Эта область турбулентности уходит и приходит вместе с временами года, следуя за Солнцем, хотя в основном она располагается около полярного фронта. Полагают, что в области этой турбулентности происходит значительная часть воздушного обмена между стратосферой и тропосферой.

У тропической границы каждой из полярных тропопауз образуется сильный воздушный поток — воздушная река с быстрым течением, которая циркулирует вокруг Земли.

9.148. Температурная структура стратосферы почти исключает возможность конвекционного перемещения воздушных масс, а потому воздух здесь исключительно стабилен. Это особенно заметно в тропических районах, где радиоактивное облако ядерного взрыва за все время своих трех кругосветных путешествий, покрыв расстояние приблизительно 112 000 км, иногда поднималось не больше чем на 3200 м. Над стабильными массами стратосферы лежит область мезосферы с ее довольно значительной турбулентностью. Стратосфера полярных широт не так стабильна, как стратосфера тропиков, особенно во время полярной ночи, когда в результате резкого изменения температурной структуры стратосфера становится областью повышения температуры. В этом случае конвекционный воздушный обмен может распространиться очень высоко.

Движение радиоактивных продуктов взрыва в атмосфере, выпадение их из тропосферы

9.149. Схема выпадения самых мелких частиц радиоактивного облака, которые остаются в атмосфере, зависит от того, где произойдет их первичная стабилизация — в тропосфере или в стратосфере. Распределение радиоактивных веществ между тропосферой и стратосферой определяется прежде всего мощностью и высотой взрыва, условиями среды и высотой тропопаузы. Осложняющими факторами при взрывах на поверхности суши и воды являются, кроме того, вынос радиоактивных продуктов частицами грязи или воды, а также процесс фракционирования. Если количество остающихся в облаке радиоактивных частиц уменьшается и их количество при раннем выпадении возрастает, то в результате фракционирования количество остающегося в атмосфере стронция-90 и цезия-137 увеличивается. Поэтому трудно предсказать распределение радиоактивных продуктов между тропосферой и стратосферой, хотя приблизительные подсчеты такого рода

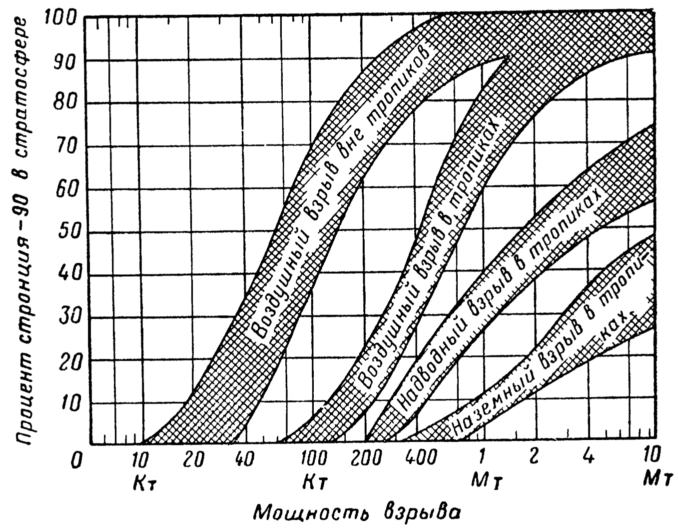


Рис. 9.149. Зависимость количества стронция-90, выбрасываемого в атмосферу при ядерном взрыве, от мощности взрыва и условий, в которых он производится

делались. Поскольку из всех продуктов позднего выпадения особый интерес представляет стронций-90, на рис. 9.149 приводятся расчетные данные о количестве этого продукта ядерного взрыва, которое может попасть в стратосферу в различных конкретных условиях. Ширина заштрихованных полос служит показателем недостаточной определенности расчетных данных.

9.150. Обычно после воздушного взрыва количество стронция-90 в атмосфере бывает больше, чем после взрыва на поверхности суши или воды: во-первых, в результате воздушного взрыва раннее выпадение почти не наблюдается, а во-вторых, частицы земли или воды, если они попадают в облако после взрыва на поверхности, снижают высоту подъема облака. В средних и полярных широтах воздушный взрыв дает больше стронция-90, чем такой же взрыв в тропиках. Это объясняется тем, что вне тропических районов тропопауза располагается ниже, а стратосфера менее стабильна. При взрывах небольшой мощности значительная часть радиоактивных веществ попадает в тропосферу и лишь небольшая — в стратосферу. Но поскольку высота облака с увеличением мощности взрыва возрастает, то соответственно повышается и количество стронция-90, которое попадает в стратосферу.

9.151. Мелкие частицы, которые оказались в тропосфере, осаждаются на землю медленно, иногда в течение нескольких месяцев; они образуют ту часть радиоактивных осадков, которая называется тропосферным выпадением. Наиболее важным элементом механизма выпадения радиоактивных продуктов является захват их дождем и снегом.

В процессе образования капелек воды (или кристаллов снега) радиоактивные частицы попадают внутрь их, а затем выпадают в форме осадков. Во всех районах, кроме самых влажных и самых сухих, количество выпавших в соседних местностях радиоактивных продуктов тесно связано с количеством осадков соответствующего периода. Иногда происходит и сухое радиоактивное выпадение, но оно составляет, вероятно, лишь небольшую часть выпадения из тропосферы.

9.152. Скорость выпадения радиоактивных продуктов взрыва из тропосферы в любой момент времени приблизительно пропорциональна количеству этих веществ, которое имеется в тропосфере в данное время; следовательно, важной характеристикой тропосферного выпадения является «период половинного оседания». Это понятие определяется как период времени, необходимый для оседания половины радиоактивных продуктов взрыва в заданном районе земного шара. Если частицы облака на первоначальном этапе поднялись до верхней границы тропосферы, то период половинного оседания равен 2—6 неделям.

Находясь в атмосфере в течение, скажем, одного месяца, радиоактивные частицы перемещаются ветрами, в основном восточными, вокруг Земли. Большая часть радиоактивных продуктов

взрыва выпадает в узкой широтной полосе вокруг земного шара, которая охватывает приблизительно 30°.

9.153. Идеальная схема распределения тропосферного выпадения при взрыве в средних широтах приводится на рис. 9.153; ордината на графике относится к радиоизотопам с периодом полураспада не менее одного месяца. Одна кривая характеризует изменение относительной активности радиоактивных продуктов взрыва с расстоянием по оси выпадения в направлении ветра; большая крутизна этой характеристики объясняется тем, что радиоактивные продукты все дальше и дальше отходят от оси, так что с увеличением расстояния от эпицентра полоса выпадения расширяется. Если рассмотреть суммарную активность в целом, т. е. учесть и активность короткоживущих изотопов, то выяснится, что относительная радиоактивность с увеличением расстояния уменьшается еще более резко, поскольку часть радиоактивных продуктов претерпевает распад, не успев опуститься на землю. Вторая кривая показывает процент активности долгоживущих радиоизотопов, которые могут выпадать на расстоянии до 1600 км по обе стороны от оси выпадения, в направлении ветра. Идеальные кривые строились на основе предположения о равномерности распределения ветров и среднем уровне выпадения влаги во всей этой полосе. Но конкретные метеорологические условия первых нескольких недель после взрыва могут заметно повлиять на идеальную схему, которая дается на рис. 9.153. Поскольку вероятность равномерного распределения ветров и среднего уровня выпадения влаги не очень велика, реальное распределение радиоактивных продуктов взрыва из тропосферы, как и распределение продуктов раннего выпадения, складывается по-разному и может совершенно не подчиняться какой-либо закономерности.

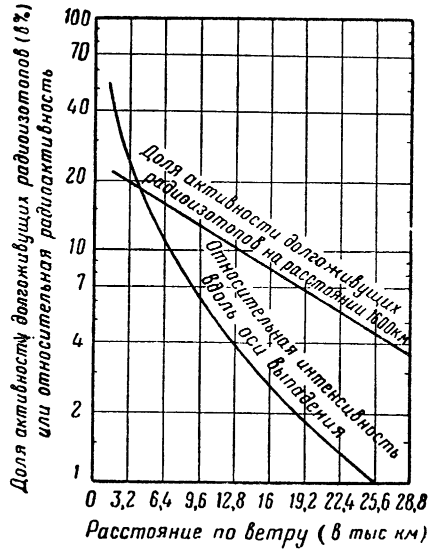


Рис. 9.153. Зависимость доли активности долгоживущих радиоизотопов, остающихся в тропосфере, и относительной радиоактивности от расстояния от центра взрыва

Выпадение радиоактивных веществ из стратосферы

9.154. Частицы радиоактивного облака, которые оказались в стратосфере, осаждаются на землю гораздо медленнее частиц, оказавшихся в тропосфере. Это объясняется главным образом тем

фактом, что вертикальные потоки воздуха в стратосфере обладают, как уже отмечалось выше, небольшой скоростью, а количество влаги, с которой они могут выпадать здесь, невелико. По-видимому, единственная возможность вывода радиоактивных частиц из воздушных масс стратосферы заключается в переходе их сначала в тропосферу, откуда они выпадают вместе с осадками. Существует по крайней мере три пути перехода воздушных масс из стратосферы в тропосферу: 1) непосредственное опускание через тропопаузу; 2) подъем слоя тропопаузы и преобразование ее на большой высоте; 3) турбулентное перемещение в больших массах «кочующей облачности», которая наблюдается в двух областях тропопаузы. Сравнительная влажность того или иного механизма воздушного обмена определяется условиями высоты, широты места и времени года, когда радиоактивные частицы попадают в стратосферу. В период арктической зимы важную роль будет играть, возможно, первый из этих трех механизмов перехода, а второй будет господствовать ранней весной в низколежащей стратосфере полярных широт. Третий механизм чаще встречается в нижних слоях стратосферы, граничащих с турбулентными областями тропопаузы. В области экватора через тропопаузу опускается лишь очень небольшое количество радиоактивных частиц.

9.155. В стратосфере господствуют в основном восточные или западные ветры в зависимости от места и времени. Если поэтому радиоактивное облако попадает в стратосферу, то оно стремится двигаться в направлении ветра и в конце концов вытягивается в узкую полосу, которая опоясывает земной шар приблизительно по широте места входа в стратосферу. Постепенно это облако расширяется в северном или южном направлении, а еще медленнее в вертикальном направлении, т. е. под действием турбулентной диффузии. Благодаря медленной меридиональной циркуляции воздуха будет наблюдаться, возможно, постепенное смещение облака в направлении полярных широт. Из-за довольно сложного строения атмосферы и в связи с действием различных механизмов выноса радиоактивных частиц из стратосферы трудно указать для них какое-либо единственное значение времени половинного оседания. В самом деле, можно даже усомниться в возможности точного применения этого понятия к стратосферному выпадению. Можно, однако, найти эффективное значение периода половинного оседания, если знать время выноса из стратосферы 80% содержащихся в ней радиоактивных продуктов взрыва[1].

9.156. Полученные таким образом эффективные значения времени половинного оседания изменяются в связи с различной широтой места и высотой выхода радиоактивного облака в стратосферу. Но можно с достаточной точностью предсказать скорость выпадения радиоактивных веществ из стратосферы, если считать, что эффективное значение времени половинного оседания для полярной стратосферы (до 21 км) составляет 5 месяцев, для нижних слоев тропической стратосферы (до 21 км) — 10 месяцев, для верхних слоев атмосферы (21—33 км) — 30 месяцев и для самых верхних слоев стратосферы и для мезосферы (33—75 км) — 60 месяцев.

9.157. Некоторые испытательные взрывы большой мощности проводились в районах Арктики и северной части умеренного пояса, и выпадение радиоактивных продуктов взрыва из стратосферы происходило здесь быстрее, чем после испытательных взрывов в тропических районах Тихого океана, а поэтому оно отличалось и сравнительно большей радиоактивностью. При прочих равных условиях время выпадения радиоактивных частиц наиболее велико при взрывах, произведенных весной. Особенно важно это влияние времени года на время половинного оседания радиоактивных частиц из полярной стратосферы; для Северного полярного круга время половинного оседания считается равным 3 месяцам, если стратосферное радиоактивное облако образовалось в декабре, и 8 месяцам, если оно образовалось в апреле.

9.158. Независимо от широты места входа радиоактивного облака в стратосферу большая часть радиоактивных частиц осядет на землю в средних широтах. Это связано в основном с существованием областей повышенной влажности вблизи полярных фронтов. Поскольку время половинного оседания в условиях тропосферы очень велико, то воздух, приходящий через тропопаузную область турбулентности или в направлении полюса от этой области и перемещаемый к экватору, под действием дождя и снега будет освобождаться от радиоактивных частиц по мере приближения к тропикам. Следовательно, стратосферное выпадение радиоактивных частиц невелико, хотя здесь и выпадают сильные дожди.

9.159. Стратосферное радиоактивное облако, образовавшееся в каком-то полушарии, как правило, осаждается в том же полушарии. Так, например, $^2/_3$ радиоактивных частиц облака, образовавшегося в районе 10° с. ш., выпали в Северном полушарии. Поскольку большая часть испытательных взрывов производилась в Северном полушарии, то на долю этого полушария приходится бо́льшая часть радиоактивных продуктов взрыва позднего выпадения, чем на долю Южного полушария. Если стратосферное радиоактивное облако поднимется на высоту 30 км где-либо вне полярного района, то можно предположить, что воздушный обмен между двумя полушариями будет происходить более эффективно.

9.160. Частицы радиоактивного облака удерживаются в стратосфере в течение периода времени от нескольких месяцев до нескольких лет, т. е. в течение времени, когда они отличаются наибольшей активностью. Поэтому в это время радиоактивные продукты взрыва не являются источником непосредственной опасности. С другой стороны, количество радиоизотопов с большим

[1] Время выноса 80% радиоактивных частиц в 2,32 раза больше периода половинного оседания.

периодом полураспада, например стронция-90 и цезия-137, сколько-нибудь существенно не изменяется. Как отмечалось выше, этот факт является одной из важнейших характеристик позднего выпадения радиоактивных продуктов взрыва.

Выпадение радиоактивных веществ в результате испытаний ядерного оружия

9.161. В результате основных испытательных взрывов, проводившихся в течение 1945—1958 годов, в атмосферу введено такое количество радиоактивных частиц, которое эквивалентно сумме радиоактивных продуктов, выпадающих при взрыве мощностью около 92 мегатонн. Данные о времени проведения испытательных взрывов и их мощности приводятся в таблице 9.161. В таблицу не вошли данные об испытательных взрывах, которые проводились после 1958 года. При рассмотрении результатов испытаний считалось, что на долю реакции деления приходится 50% всей энергии.

Таблица 9.161

Выход энергии деления и мощность испытательных ядерных взрывов в США и Великобритании (1945—1958 годы)

Годы	Выход энергии деления (в килотоннах)	Выход энергии деления при взрыве мощностью не менее 1 мегатонны (в килотоннах)
1945	60	—
1946	40	—
1948	100	—
1951	500	—
1952—1954	37 000	36 000
1955	200	—
1956	9 000	8 000
1957—1958	19 000	14 000

9.162. Оценку позднего выпадения обычно принято проводить по количеству стронция-90. Этот изотоп характеризуется большим (по сравнению со временем его пребывания в стратосфере) периодом полураспада, а поэтому он не подвергается сколько-нибудь значительному распаду до момента осаждения на землю; в результате деления ядра он образуется в относительно больших количествах, его довольно нетрудно определить путем применения обычных радиохимических методов анализа.

Содержание стронция-90 необходимо знать для определения степени биологической опасности, создаваемой поздним выпадением радиоактивных продуктов взрыва.

9.163. Активность стронция-90 и вообще всех радиоактивных веществ принято выражать в единицах, получивших название «кюри». Под кюри подразумевается то количество радиоактивного вещества, в котором за 1 секунду происходит $3{,}7 \cdot 10^{10}$ распадов атома. (Это число принято за единицу, потому что приблизительно такое количество распадов в секунду происходит в 1 г радия.) Для измерения активности больших количеств радиоактивного вещества применяется единица, которая называется «мегакюри»; она равна 1 000 000 кюри и соответствует $3{,}7 \cdot 10^{16}$ распадов в 1 секунду. Один мегакюри стронция-90 есть то количество этого изотопа, которое за одну секунду испускает $3{,}7 \cdot 10^{16}$ бета-частиц [1].

9.164. Образовавшийся во время испытательных взрывов стронций-90 распределился приблизительно следующим образом: в мезосферах — 0,4 мегакюри, в нижних слоях стратосферы 5,5 мегакюри, в тропосфере — 0,6 мегакюри, в Тихом океане — 2,7 мегакюри. Из 0,6 мегакюри стронция-90, который выпал из тропосферы, вероятно, 0,5 мегакюри этого изотопа опустилось в море за несколько недель после взрыва, и лишь 0,1 мегакюри оказалась на суше. Поэтому анализ проб воздуха в районах позднего выпадения радиоактивных продуктов на суше показал бы, что почти все его количество ограничено 5,9 мегакюри стронция-90, который находился в стратосфере. Это не относится, вероятно, к результатам измерений на Американском континенте, которые проводились к западу от Миссисипи, так как здесь влияет и тропосферное выпадение радиоактивных веществ в результате испытательных взрывов на полигоне в Неваде. Почвы этих мест более насыщены стронцием-90, чем другие районы с аналогичным уровнем осадков, которые лежат на той же широте.

9.165. С 1954 года в различных частях земного шара установлен целый ряд контрольных систем, которые в связи с проведением испытательных взрывов определяют меру радиоактивного заражения воздуха тропосферы и стратосферы, дождя и почвы. Полученные результаты позволили понять многие стороны механизма выпадения в пределах земного шара. Эти данные вместе с результатами биологических исследований по определению содержания определенных радиоизотопов в пищевых продуктах, в теле животных и у человека позволили определить масштабы возможной опасности в пределах всего земного шара.

9.166. Графики на рис. 9.166а и 9.166б позволяют судить об изменении стратосферного и наземного накопления стронция-90 по годам, т. е. об изменении содержания его в стратосфере [2] и на земле в то или иное время. Для расчетов содержания стронция-90 применялся график на рис. 9.149 и использовались те значения времени половинного оседания, которые даны в п. 9.156, а также данные о выходе энергии деления в результате испытания

[1] Взрыв мощностью 1000 килотонн (реакция деления) дает приблизительно 0,1 мегакюри стронция-90.

[2] В расчеты не входит стронций-90 на высоте более 45 км.

ядерного оружия при различных условиях выноса радиоактивных частиц из атмосферы. Вычисления показали, что наиболее точным приближением к фактическим результатам измерения содержания



Рис. 9.166а. Накопление стронция-90 в стратосфере

стронция-90 в стратосфере и на поверхности земли является утверждение, что в результате наземных взрывов в атмосфере удерживается и затем выпадает в среднем 50% всего стронция-90, а

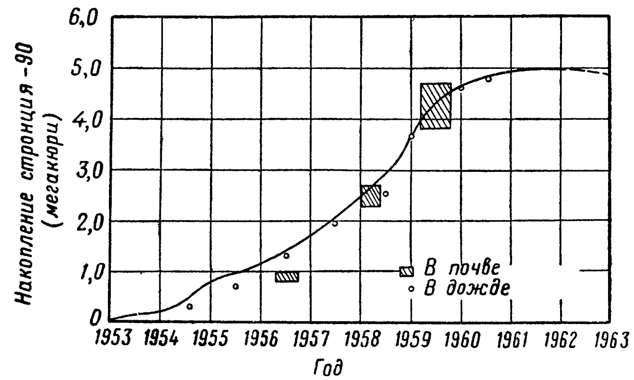


Рис. 9.166б. Накопление стронция-90 на поверхности земли в результате испытаний ядерного оружия, проведенных до сентября 1961 года

в результате надводных взрывов — 70%. Графики 9.166а и 9.166б построены на основе этого допущения.

9.167. Максимальное выпадение стронция-90 на поверхность земли наблюдается тогда, когда скорость естественного радиоактивного распада лишь начинает превышать скорость осаждения

этого радиоизотопа на землю. Хотя во второй половине 1961 года накопление стронция-90 в атмосфере могло увеличиться, можно считать, что накопление его на земле в результате всех предшествующих взрывов было максимальным летом 1961 года. В последующие годы величина наземного накопления стронция-90 от ядерных испытаний прошлых лет будет уменьшаться.

На рис. 9.167 приводится расчетное распределение стронция-90 в пределах земного шара на лето 1961 года. Количество этого изотопа выражается через величину активности на единицу площади заражения, т. е. в милликюри на один квадратный километр; под милликюри подразумевается одна тысячная доля кюри[1].

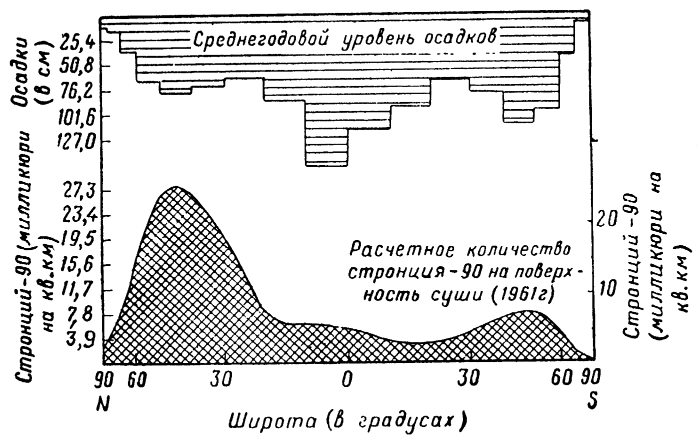


Рис. 9.167. Распределение стронция-90 на земном шаре в результате испытаний ядерного оружия, проведенных до сентября 1961 года, и среднегодовой уровень осадков

В верхней части графика дается среднегодовой уровень осадков по параллелям через каждые 10°.

9.168. Приводимые данные позволяют дать иллюстрацию к некоторым проблемам выпадения радиоактивных веществ из стратосферы. Можно видеть, что большая часть радиоактивных продуктов взрыва выпадает в Северном полушарии. Далее, наибольшее количество радиоактивных продуктов, как это видно по активности стронция на площади заражения, выпадает в средних широтах, где среднегодовой уровень осадков наиболее велик. Тем не менее активность стронция-90 в тропических районах невелика, хотя среднегодовой уровень осадков здесь очень высок.

9.169. Следующим по своему биологическому значению радиоизотопом является цезий-137. Продукты деления через некоторое

[1] Если радиоактивные продукты взрыва мощностью в 1 мегатонну равномерно распределить по поверхности одного из полушарий, то активность на каждый квадратный километр площади составит около 0,39 милликюри.

время после взрыва содержат в 1,8 раза больше атомов цезия, чем атомов стронция. Поскольку эти два изотопа практически почти не подвергаются процессу фракционирования и учитывая, что по периоду полураспада они почти не отличаются друг от друга, можно считать, что активность цезия-137 на поверхности земли определяется достаточно точно путем умножения соответствующих значений стронция-90 (рис. 9.166) на 1,8. Опасная в генетическом отношении доза 30-летнего облучения внешним источником гамма-лучей под действием цезия-137, образовавшегося в результате испытательных взрывов в 1958 году, не превысит 0,7% дозы облучения в условиях естественного излучения. Изотопы с меньшим периодом полураспада увеличат дозу излучения до 1,7% уровня естественного излучения.

НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ С ОСТАТОЧНЫМ ЯДЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Скорость распада радиоактивных продуктов взрыва

9.170. Для получения кривых 9.16а и 9.16б, характеризующих ослабление интенсивности гамма-излучения радиоактивных частиц, активность более чем 200 изотопов в продуктах деления ядра складывалась с активностью, наведенной в результате взаимодействия нейтронов с материалами оболочки ядерного боеприпаса. При построении кривых учтено также время, прошедшее после взрыва. Кроме того, было учтено и влияние процесса фракционирования в связи с частичным распадом газообразного криптона, ксенона и других продуктов их деления. Полученное таким образом значение интенсивности излучения зависит от свойств ядерного боеприпаса, но можно считать, что кривые 9.16а и 9.16б являются разумным приближением в случаях, когда основная доля радиоактивности связана с продуктами деления ядра. Можно видеть, что уменьшение интенсивности излучения со временем нельзя определить каким-либо уравнением, которое сохраняло бы свое значение для любого момента после взрыва, но для периода от 0,5 до 5000 часов (200 дней после взрыва) этот параметр с точностью до 25% можно характеризовать посредством штриховой линии $t^{-1,2}$. После 200 дней радиоактивный распад происходит еще быстрее, и тогда для оценки интенсивности излучения следует пользоваться сплошной линией.

9.171. Для периода времени, на который распространяется наше приближение, скорость радиоактивного распада в любом месте может быть представлена следующим простым выражением:

$$R_t \approx R_1 t^{-1,2}, \qquad (9.171.1)$$

где R_t — интенсивность гамма-излучения в момент t после взрыва; R_1 — эталонная интенсивность излучения.

Практическое значение R_1 будет зависеть от единиц, в которых выражен эталон времени, т. е. от того, выражен ли он в минутах, часах, днях и т. д. В данной главе время, как правило, выражается в часах, а поэтому в качестве единицы времени для эталонной интенсивности излучения принят 1 час.

9.172. Необходимо совершенно ясно понять, что уравнение (9.171.1) сохраняет значение только в том случае, если в течение рассматриваемого периода характер выпадающих радиоактивных веществ остается неизменным. Следовательно, этим уравнением нельзя пользоваться при рассмотрении периода, когда частицы выпадений еще продолжают опускаться к земле; оно относится лишь к моменту, когда выпадение частиц в данном районе в основном закончено. Если какая-то часть радиоактивных продуктов каким-либо образом оказалась за время t удаленной, например в результате выветривания или вымывания, или если под действием ветра в результате последующих ядерных взрывов в рассматриваемый район внесено какое-то дополнительное количество радиоактивных продуктов, то для определения скорости распада радиоактивных частиц уравнение 9.171.1 непригодно.

9.173. Преобразовав уравнение 9.171.1 и прологарифмировав его, получим

$$\log \frac{R_t}{R_1} \approx -1,2 \log t, \qquad (9.173.1)$$

так что логарифмическая функция, определяющая изменение R_t/R_1 за время t, будет графически выражена в форме прямой линии с наклоном —1,2.

При $t=1$, т. е. через час после взрыва, $R_t=R_1$, а значит, $R_t/R_1=1$. Это и есть та основная точка, через которую проведена прямая с наклоном — 1,2 на графиках 9.16а и 9.16б.

9.174. Суммарную дозу излучения от данного количества радиоактивных продуктов можно определить по графику 9.20, пользуясь для этого методом, который рассмотрен в п. 9.21. Для получения кривой на рис. 9.20 было проведено численное интегрирование практической интенсивности излучения (сплошная линия на рис. 9.16а и 9.16б). Для вычисления суммарной дозы излучения за любой период, начиная с любого момента времени после взрыва от 0,5 до 5000 часов, иногда удобно иметь аналитическое выражение. Такое приближенное выражение можно получить путем прямого интегрирования уравнения 9.171.1; так, если D — суммарная доза излучения за период времени между t_a часов после взрыва и t_b часов после взрыва, то

$$D = R_1 \int_{t_a}^{t_b} t^{-1,2}\,dt = 5R_1\left(t_a^{-0,2} - t_b^{-0,2}\right). \qquad (9.174.1)$$

Отсюда, зная эталонную интенсивность излучения R_1 (или же определив ее по графикам 9.16а и 9.16б) и наблюдаемую интен-

сивность излучения в любой момент после взрыва, можно определить суммарную дозу облучения за любой период времени; подразумевается, что в течение этого периода скорость радиоактивного распада изменяется пропорционально $t^{-1,2}$.

9.175. Хотя практические измерения активности радиоактивных продуктов, проводившиеся во время испытаний, показывают, что скорость распада порядка $t^{-1,2}$ является удовлетворительным приближением, наблюдались случаи, когда для характеристики этого процесса больше подходили значения показателя степени от —0,9 до —2,0.

Действительно, для различных моментов после взрыва иногда удобнее было бы воспользоваться различными показателями. Эти отклонения связаны, очевидно, с конкретными особенностями взрыва, и их очень трудно предсказать, если исключить возможность, что значительная и известная доля активности наведена нейтронами.

Следует отметить и тот факт, что взаимодействие радиоактивных продуктов нескольких взрывов резко изменяет скорость радиоактивного распада. Обычно и процесс выветривания за продолжительное время своего воздействия тоже неопределенно влияет на скорость радиоактивного распада. Отсюда следует, что в конкретной обстановке периода после ядерного взрыва вычислениями по формуле $t^{-1,2}$ и данными кривых на рис. 9.16а и 9.16б следует пользоваться с осторожностью и что посредством практических измерений необходимо как можно чаще производить проверку этих приближений.

9.176. Если скорость радиоактивного распада определяется выражением $t^{-1,2}$, то уравнения (9.171.1) или (9.173.1) можно применить для установления продолжительности времени, в течение которого человек может оставаться в районе выпадения продуктов взрыва, не получая при этом дозы облучения больше заданной. В этом случае по указанной суммарной дозе облучения и известному времени входа человека в зараженный район устанавливают время, когда он должен покинуть район (или до истечения которого он должен покинуть район). Для решения задачи с помощью уравнения (9.174.1) необходимо знать эталонную интенсивность излучения R_1.

Зная интенсивность излучения R_t для произвольного времени после взрыва, например для времени входа в зону, можно вычислить эталонную интенсивность излучения из уравнения 9.171.1. Результаты вычислений представлены на рис. 9.26 и 9.27 в графической форме.

9.177. Принципиально можно применить уравнение (9.173.1) для определения суммарной дозы излучения, которая создается за счет всех продуктов взрыва, выпавших на землю в заданном районе, при условии, что процесс выпадения закончился достаточно быстро. Практически выпадение продуктов взрыва продолжается часами, а поэтому никакие точные расчеты невозможны, если неизвестна скорость выпадения. Если, однако, выпадение продуктов взрыва уже окончилось, то для приближенного вычисления суммарной дозы излучения за какой-либо период времени в течение первых 200 дней после взрыва можно применить уравнения (9.171.1) и (9.174.1), но для решения задачи необходимо располагать хотя бы одним измеренным значением интенсивности излучения.

Интенсивность излучения над поверхностью района радиоактивного заражения

9.178. В п. 9.163 указывалось, что для оценки радиоактивности веществ можно использовать такие единицы, как кюри и мегакюри; эти единицы будут использоваться и при рассмотрении проблем радиоактивного заражения местности. Поскольку биологическое воздействие гамма-лучей сильнее воздействия бета-частиц, то активность продуктов раннего выпадения можно выражать через гамма-мегакюри, подразумевая под этой единицей такую скорость испускания гамма-фотонов, когда в течение 1 секунды испускается $3{,}7 \cdot 10^{16}$ фотонов.

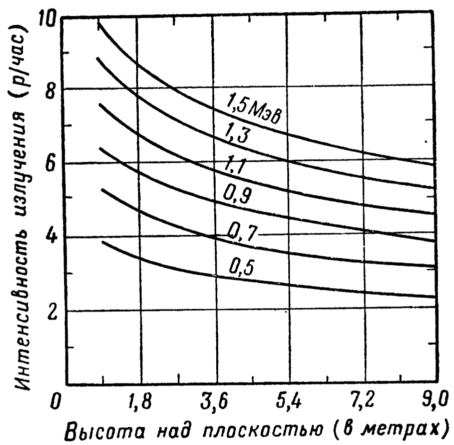


Рис. 9.179. Зависимость между интенсивностью гамма-излучения и высотой над идеальной плоскостью при равномерном заражении местности с плотностью 0,388 мегакюри на 1 км² (для различных энергий излучения)

9.179. Если какой-нибудь участок поверхности равномерно заражен радиоактивными веществами, активность которых, выраженная в кюри, известна, то интенсивность гамма-излучения на разных высотах над поверхностью можно определить при условии, что известна средняя энергия фотонов гамма-лучей. Результаты таких расчетов представлены на рис. 9.179 для плотности заражения, равной 0,388 (гамма) мегакюри на 1 км²; при расчетах брались различные значения энергии фотонов гамма-лучей. Если фактическая плотность заражения окажется больше или меньше, чем 0,388 мегакюри на 1 км², то ординаты, приведенные на графике, должны быть соответственно увеличены или уменьшены.

9.180. Расчеты, положенные в основу рис. 9.179, учитывают влияние так называемого рассеянного излучения (п. 8.40). Кроме того, они исходят из предположения, что распределение радиоак-

тивных продуктов происходит на поверхности идеально ровной и бесконечно большой по своим размерам.

Реальная физико-географическая характеристика местности подразумевает умеренно неровную поверхность с определенными защитными свойствами, а поэтому интенсивность излучения на

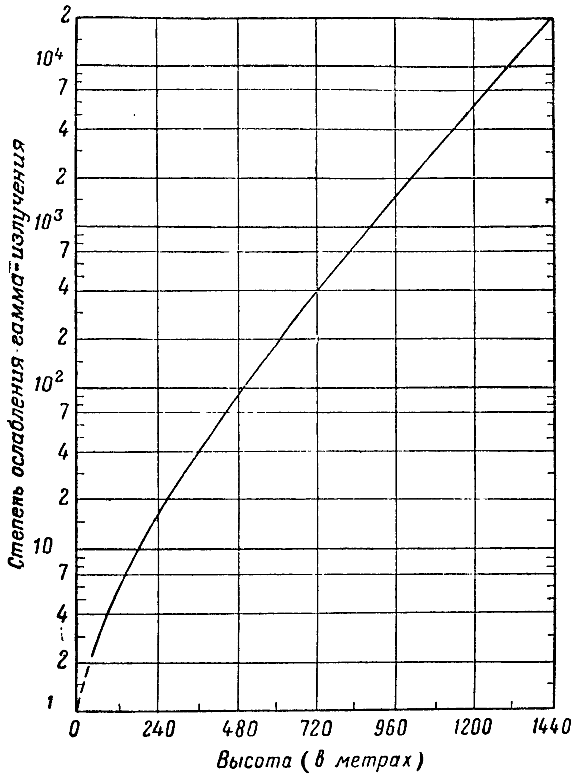


Рис. 9.181. Степень ослабления интенсивности излучения на различных высотах от поверхности земли для раннего выпадения радиоактивных продуктов взрыва

некоторой высоте от земли оказывается меньше, чем в случае бесконечно большой и идеально ровной поверхности. Практический коэффициент уменьшения интенсивности излучения будет определяться, конечно, конкретными чертами рельефа местности и размером района заражения. В качестве грубого приближения для умеренно неровной местности рекомендуется воспользоваться величиной 0,7 в качестве того коэффициента, на который следует умножить значение интенсивности излучения, полученное из рис. 9.179.

9.181. Интенсивность излучения на значительных высотах можно определить при помощи графика, изображенного на рис. 9.181. Эта кривая позволяет судить о степени ослабления гамма-излучения в зависимости от высоты. График применим, в частности, к равномерно зараженному району, площадь которого по сравнению с высотой достаточно велика. Если известна интенсивность излучения у поверхности земли, например на высоте 0,9 м, то для определения интенсивности излучения на любой заданной высоте следует разделить эту величину интенсивности излучения на степень ослабления, которая соответствует данной высоте. С другой стороны, зная интенсивность излучения на заданной высоте, можно получить интенсивность излучения на высоте около 1 м, если степень ослабления умножить на величину известной интенсивности излучения.

9.182. График на рис. 9.181 можно использовать для определения интенсивности излучения у поверхности земли и плотности заражения по данным воздушной разведки. Пусть, например, на высоте 300 м прибор на самолете показал интенсивность излучения 0,24 р/час, а средняя энергия гамма-фотонов по результатам вычислений с учетом времени после взрыва принята равной 0,8 Мэв. Степень ослабления активности для высоты 300 м равна 27, откуда следует, что интенсивность излучения на высоте 0,9 м над поверхностью равна приблизительно $0{,}24 \cdot 27 = 6{,}5$ р/час. По графику на рис. 9.179 можно видеть, что при плотности заражения 0,388 мегакюри на 1 км² и энергии гамма-фотонов 0,8 Мэв интенсивность излучения на высоте 0,9 м составит приблизительно 5,9 р/час. Следовательно, в нашем случае плотность заражения поверхности земли равна $\frac{6{,}5 \cdot 0{,}388}{5{,}9} = 0{,}427$ мегакюри на 1 км².

9.183. Было вычислено, что суммарная активность продуктов деления взрыва мощностью в 1 килотонну через 1 час после взрыва составляет 550 (гамма) мегакюри. Если предположить, что вся эта активность равномерно распределится по ровной поверхности площадки в 1 км², а энергию гамма-фотонов принять равной 0,95 Мэв, то по графику на рис. 9.179 мощность дозы излучения для высоты 0,9 м можно считать равной приблизительно $6{,}8 \cdot 550 = 3700$ р/час. В результате захвата нейтронов элементами оболочки бомбы к этой цифре добавится еще 200 р/час. Отсюда следует, что если вся радиоактивность распределилась бы равномерно по ровной поверхности площадью в 1 км², то интенсивность излучения на этой поверхности составила бы через 1 час после взрыва 3900 р/час на каждую тонну мощности взрыва. Это означает, что в случае равномерного распределения продуктов взрыва на ровной поверхности в A км² интенсивность излучения через 1 час после взрыва составит $\frac{3900}{A}$ р/час; следовательно, произведение интенсивности излучения на площадь в км² будет равно

3900 единиц с размерностью $\frac{р \cdot км^2}{час}$ на 1 килотонну мощности взрыва. Если радиоактивные продукты взрыва распределятся по ровной поверхности не равномерно, а с переменной концентрацией, которая типична для раннего выпадения, то вместо произведения интенсивность излучения на площадь заражения следует пользоваться «интегралом площади» от интенсивности излучения через 1 час после взрыва

$$\text{Интеграл площади} = \int_A R_1 dA,$$

где R_1 — интенсивность излучения через 1 час после взрыва для дифференциала площади;

A — суммарная площадь выпадения всех радиоактивных продуктов взрыва.

Отсюда следует, что независимо от распределения концентрации радиоактивных продуктов интеграл площади от интенсивности излучения при ровной поверхности всегда равен 3900 единицам с размерностью $\frac{р \cdot км^2}{час}$ на каждые 1000 т мощности взрыва, если справедливо то допущение, что полное выпадение радиоактивных продуктов взрыва произойдет по истечении 1 часа после взрыва.

9.184. Дозиметрические измерения, которые проводились для определения схемы выпадения радиоактивных продуктов после испытаний «Браво» через неделю после взрыва, показали, что интеграл площади от интенсивности излучения через 1 час после взрыва оказался равным 1000—1500 $\frac{р \cdot км^2}{час}$ на 1 килотонну мощности. Эта цифра расходится с приводимым выше значением 3900 $\frac{р \cdot км^2}{час}$ по двум основным причинам: во-первых, только часть радиоактивности поступает на землю при раннем выпадении; во-вторых, результаты измерений нуждаются в поправках на погрешность приборов и на экранирующее влияние рельефа. Типовая ионизационная камера характеризуется минусовой погрешностью порядка 25%, что связано с направленностью измерительного прибора. С учетом этой поправки усредненный измеренный интеграл площади оказывается равным 1700 $\frac{р \cdot км^2}{час}$. Среднее значение коэффициента экранирования рельефа, т. е. отношения практической интенсивности излучения на местности к интенсивности излучения на идеально ровной поверхности, считается равным 0,7. Поэтому интеграл площади от интенсивности излучения через 1 час после взрыва в случае полного отсутствия экранирования, т. е. для идеально гладкой поверхности, составляет приблизительно 2400 $\frac{р \cdot км^2}{час}$. Отношение этой величины к теоретически предсказанному значению 3900 $\frac{р \cdot км^2}{час}$ указывает на тот

факт, что после наземного взрыва доля остаточного гамма-излучения при раннем выпадении составляет приблизительно 60%.

9.185. Следует заметить, что интегрирование идеализированной схемы распределения выпадений на рис. 9.73 по всей площади дает для момента 1 час после взрыва величину порядка 1700 $\frac{р \cdot км^2}{час}$. Эта цифра относится, следовательно, к реальной интенсивности излучения, т. е. учитывает поправку на погрешность прибора и дает ту величину интенсивности излучения, которую следует ожидать на умеренно пересеченной местности, где коэффициент экранирования составляет 0,7. В условиях города значения интеграла составят иногда 70—75% от величины, приведенной в п. 9.73, так как в этом случае коэффициент экранирования увеличивается.

Скорость падения частиц

9.186. Время, по истечении которого радиоактивные частицы определенного размера и плотности выпадают на землю из различных слоев облака ядерного взрыва, можно вычислить из аэродинамических уравнений движения. Влиянием вертикальных перемещений масс воздуха обычно пренебрегают, тем более что это влияние, как полагают, очень невелико в отношении частиц, которые выпадают в течение первых суток после взрыва.

И все же данные о времени выпадения радиоактивных продуктов после некоторых полевых испытаний были очень далеки от теоретических расчетов: можно считать, вероятно, что вертикальные составляющие ветров иногда могут оказывать сильное влияние на процесс выпадения частиц из радиоактивного облака.

9.187. Некоторые типовые результаты вычисления времени выпадения частиц приводятся на рис. 9.187. Кривые показывают время, в течение которого частицы различных размеров выпадают на землю из различных высотных слоев. Плотность выпадающих радиоактивных частиц считается равной 2,5 г/см³, т. е. приблизительно равна плотности сухого песка; считается, что частицы выпадений имеют шарообразную форму, а радиус частиц дается в микронах (мк). Практически же выпадающие частицы имеют иногда совершенно неправильную, ребристую форму, хотя довольно значительная часть их имеет гладкую шарообразную поверхность. Они образуются в результате отвердевания расплавленных сферических капель из веществ грунта и материалов боеприпаса. Если даже эти частицы и имеют неправильную форму, мы можем считать, что для задачи вычисления времени падения они могут рассматриваться как сферы.

9.188. Представленные на рис. 9.187 доли суммарной радиоактивности относятся к частицам, размеры которых указаны между парами линий. Так, частицы с радиусом более 200 мк несут лишь 1% всей суммарной активности, частицы с ради-

усом 150—200 мк несут 3% и т. д.; с другой стороны, частицы с радиусом менее 20 мк несут 12% всей активности. Такое распределение радиоактивности между частицами различных размеров известно как нормальное логарифмическое, поскольку оно определяется законом нормального распределения, где логарифм радиуса частицы является переменной величиной. Закон нормального распределения соблюдается не всегда, поскольку распределение активности определяется типом взрыва, характером рельефа в районе эпицентра и другими факторами.

9.189. Время, когда радиоактивные частицы опускаются на землю в местности, которая находится с подветренной относи-

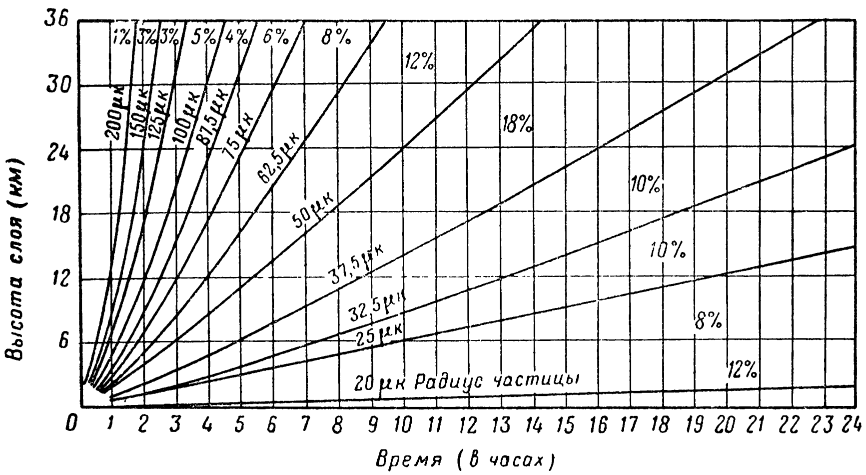


Рис. 9.187. Время падения различных по размеру частиц с различных высот и процент их начальной активности

тельно эпицентра взрыва стороны, можно определить, зная эффективную скорость ветра в районе распространения частиц. Это время равно расстоянию от ближайшей кромки стабилизировавшегося радиоактивного облака, деленному на эффективную скорость ветра. Рассмотрим, например, случай с точкой на расстоянии 480 км от эпицентра взрыва в направлении ветра и допустим, что эффективная скорость ветра равна 24 км/час. Время поступления частиц выпадений в рассматриваемую точку поверхности составит тогда 480 : 24 = 20 часов. Если стабилизация грибовидного облака произойдет на высоте 18 000 м, то из графика на рис. 9.187 следует, что к этому времени из облака будут выпадать частицы радиусом менее 30 мк, которые несут около 25% суммарной активности частиц в раннем выпадении. Очевидно, что, несмотря на процесс радиоактивного распада, который происходит в течение 20 часов распространения частиц в направлении ветра, весьма значительная часть их способна заразить район на расстоянии 480 км от эпицентра взрыва.

9.190. После поступления радиоактивных частиц в подветренный район будет наблюдаться увеличение интенсивности излучения, как это показано на рис. 9.71, *а* и *б*. Затем интенсивность излучения будет уменьшаться, а после того как выпадение частиц в основном закончится, процесс распада будет идти со скоростью приблизительно $t^{-1,2}$. Некоторые исключения из этого правила связаны, может быть, с резкими изменениями ветра между граничащими слоями воздуха, с выпадением дождя или снега после момента достижения максимальной интенсивности излучения; эти факторы могут впоследствии явиться причиной нового повышения интенсивности излучения. Именно такого рода явления обусловливают возникновение участков повышенной активности при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва.

Прогнозирование траектории движения частиц при их раннем выпадении

9.191. Кроме рассмотренных выше методов расчета схем распределения доз радиоактивности, создаваемых при выпадении продуктов взрыва, разработаны простые методы быстрого про-

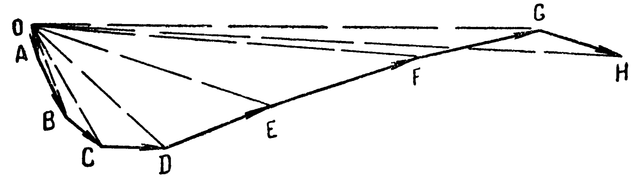


Рис. 9.192. Приближенная схема района выпадения радиоактивных частиц (на основе данных о скоростях и направлениях ветра на различных высотах)

гнозирования траектории частиц и приблизительного расчета времени, когда произойдет выпадение этих частиц. Один из таких методов, который прошел проверку во время испытательных взрывов, будет описан ниже. Прежде всего необходимо знать среднее направление и скорость ветра для нескольких слоев атмосферы толщиной 1500 м, начиная от поверхности земли и кончая верхней кромкой радиоактивного облака.

9.192. Из точки *O*, представляющей эпицентр взрыва, проводится вектор *OA*, показывающий направление и скорость ветра (в км/час) в первом приземном слое (рис. 9.192). Вслед за этим проводят векторы *AB*, *BC*... *GH* для последующих слоев атмосферы вплоть до границы наблюдений, например до верхней кромки облака ядерного взрыва, в данном случае до высоты

8·1500=12 000 м. Тогда линия OH характеризует собой траекторию выпадения частиц в различные промежутки времени с высоты 12 000 м. Более крупные частицы выпадут ближе к эпицентру вскоре после взрыва, в то время как более мелкие частицы будут выпадать дальше и позже. Линия OG характеризует собой траекторию выпадения частиц с высоты 10 500 м, поскольку на них не воздействует ветер, изображаемый вектором GH; аналогичным образом вектор OF характеризует собой траекторию частиц, начинающих выпадать с высоты 9000 м, и т. д. Усредненную скорость ветра для всех слоев атмосферы, вплоть до 12 000 м, можно получить путем деления результирующего вектора OH на число слоев толщиной 1500 м, в данном случае на 8.

9.193. Область, охватываемая линией OH и различными векторами, дает грубое представление об общем направлении выпадения радиоактивных осадков относительно эпицентра взрыва.

9.194. Рис. 9.192 дает общее представление о форме района выпадения радиоактивных осадков, однако не показывает общих размеров этого района. Если, как в нашем случае, векторы ветров, выраженные в км/час, проводятся для каждого слоя толщиной 1500 м, то OH представляет собой расстояние, проходимое за 8 часов частицами, которые опускаются с высоты 12 000 м. Аналогичным образом вектор OG представляет собой расстояние, проходимое частицами, опускающимися с высоты 10 500 м за 7 часов. Таким образом, по размерам фигуры OAB... OH приблизительно можно судить о площади, на которой будут выпадать частицы диаметром в 75 мк и более. Такие частицы опускаются со скоростью 1500 м/час и более. Частицы меньших размеров оседают медленнее и будут выпадать за пределами указанной площади. Направления выпадения этих частиц, оседающих с различных высот, будут такими же, как и прежде; так, частицы с диаметрами менее 75 мк, оседающие с высоты 12 000 м, будут выпадать вдоль линии, являющейся продолжением OH, а такие же частицы, оседающие с высоты 10 500 м, будут выпадать вдоль линии, являющейся продолжением OG. Отсюда следует, что общая фигура распределения радиоактивных частиц похожа на многоугольник, показанный на рис. 9.192, но по площади она окажется больше.

9.195. Очевидно, что описанный выше метод позволит получить только приближенные данные относительно вероятного района раннего выпадения радиоактивных продуктов взрыва. В действительности данные о распределении частиц по их размерам известны не будут. Высота поднятия радиоактивного облака, из которого оседают частицы, будет также не вполне определенной. Кроме того, при построении схемы на рис. 9.192 не учитывался тот факт, что направление и скорость ветра в каждом слое могут меняться с течением времени, а также не принималось во внимание взаимовлияние ветров в тонких слоях воздуха. Наконец, не всегда будет соблюдаться то основное допущение, что векторы

ветров, принятые при построении схемы рис. 9.192, распространяются на весь рассматриваемый район заражения, который может иногда простираться на расстояние в сотни километров от эпицентра взрыва. Дождь или снег, выпадающие в момент взрыва (или вскоре после него) также изменят условия выпадения радиоактивных частиц, так как многие из этих частиц будут прилипать к каплям атмосферных осадков и оседать с различных высот со скоростями частиц для выпадающего снега или дождя.

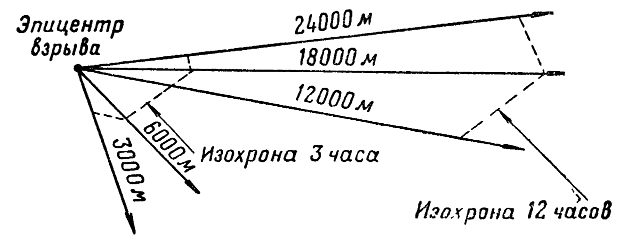


Рис. 9.197. Трехчасовая и двенадцатичасовая изохроны выпадения радиоактивных частиц

9.196. Аналогичные схемы распределения радиоактивных частиц можно построить, пользуясь «Сводками о ветрах верхних слоев атмосферы», которые выдаются автоматическими наблюдательными станциями Национального метеобюро США два — четыре раза в сутки. Метод построения схемы распределения радиоактивных частиц, который Национальное метеобюро США разработало для нужд гражданской обороны, отличается простотой.

9.197. Сводки о ветрах позволяют установить, в каком направлении от эпицентра взрыва и на каком расстоянии от него будут выпадать радиоактивные частицы из различных слоев облака ядерного взрыва (3000, 6000, 12 000, 18 000, 24 000 м) через три часа после взрыва. Район вероятного заражения радиоактивными частицами можно определить, проведя векторы из эпицентра взрыва, как это показано на рис. 9.197.

Для получения «изохроны 3 часа», т. е. для определения места выпадения частиц из разных слоев радиоактивного облака, опускающихся на землю через 3 часа после взрыва, соединяют точки, соответствующие 3 часам в текущей «Сводке ветров...». Посредством линейной экстраполяции по расстоянию (от эпицентра взрыва) можно определить время выпадения радиоактивных частиц в любой точке. При экстраполяции для периода свыше 3 часов после взрыва не рекомендуется учитывать выпадение частиц из слоев ниже 12 000 м. Не следует также производить экстраполяцию для периода времени более 12 часов после взрыва, так как методика расчета по «Сводкам ветров...» не учитывает возможных изменений ветра по времени и месту.

9.198. Если нет никаких данных о структуре ветров в верхних слоях атмосферы, то можно воспользоваться общей схемой выпадения, которая считается типовой в условиях места для данного времени года. Этот типовой прогноз, основанный на результатах метеорологических наблюдений за прошлые годы, можно дополнить данными визуального наблюдения о движении облаков на различных высотах. Важно подчеркнуть, что составление карты выпадений по данным о ветрах у поверхности земли может привести к совершенно неверным выводам.

ГЛАВА 10

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА РАДИОСВЯЗЬ И РАДИОЛОКАЦИЮ

ВВЕДЕНИЕ

10.01. Ядерному взрыву сопутствуют электромагнитные эффекты двух основных видов[1]. Эти эффекты полностью отличаются друг от друга по своей природе. Однако в обоих случаях электромагнитные эффекты затрагивают всю спектральную область волн, длина которых больше длины волн инфракрасного диапазона, т. е. волн от 1 мм и более. Один из этих эффектов заключается в излучении электромагнитных импульсов малой длительности в результате взрыва (или в результате возмущений в области, близкой к точке взрыва). Второй вид эффектов влияет на изменение электрических свойств атмосферы и может вблизи области ядерного взрыва вызвать значительные возмущения электромагнитных волн тех частот, которые используются в радиосвязи и радиолокации. Эти возмущения могут быть обусловлены продуктами деления или водяными парами, введенными в атмосферу в результате взрыва, или же необычными условиями, возникающими под влиянием ионизирующих излучений ядерного взрыва. В последнем случае работа некоторых систем радиосвязи и радиолокационных систем может быть нарушена на несколько часов после взрыва.

В начале главы будет дано описание природы и характеристик электромагнитного импульса; основная часть главы будет посвящена рассмотрению изменений в ионизации атмосферы, вызванных ядерным взрывом, а также последствий этих изменений.

[1] Термин «электромагнитный», применяемый в этой главе, относится к длинноволновой части спектра, а не ко всему спектру излучения, который, строго говоря, входит в это понятие.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИМПУЛЬС

Природа электромагнитного импульса

10.02. Электромагнитный импульс, или радиовспышка, которая образуется в момент ядерного взрыва, представляет значительный интерес. Хорошо известно, что даже небольшие взрывы обычных химических взрывчатых веществ могут вызвать электромагнитное излучение. Поэтому не удивительно, что мощные импульсы этого типа образуются и при ядерных взрывах.

10.03. Оказывается, что существует по крайней мере два различных механизма образования электромагнитного импульса при ядерном взрыве. Первый из них связан с появлением (под воздействием возникающих при взрыве излучений) некоторой асимметрии в распределении электрического заряда в области, окружающей область взрыва; второй является результатом быстрого расширения достаточно хорошо проводящей плазмы, образующейся в магнитном поле Земли из продуктов взрыва.

Первый механизм, часто называемый электронной моделью Комптона (по причинам, которые объясняются ниже), является, как полагают, основным механизмом генерирования электромагнитных импульсов в результате взрывов на поверхности земли или на небольшой высоте, а также взрывов вблизи верхней границы атмосферы. Другой, называемый моделью смещения поля, вызывает образование электромагнитных сигналов при подземных взрывах, где расширение ограничено окружающим материалом и подчиняется более или менее законам сферической симметрии, а также при взрывах за пределами атмосферы, где единственным объектом непосредственного воздействия взрыва является магнитное поле Земли.

10.04. В электронной модели Комптона фотоны первоначального гамма-излучения испускаются с большими энергиями из точки взрыва. Очень скоро они сталкиваются с электронами атомов и молекул окружающего воздуха и передают им большую часть своей энергии.

Эти комптоновские электроны (п. 8.68) быстро движутся в направлении от центра взрыва. В том случае если имеется какая-либо асимметрия взрыва, это движение оказывается одним из основных источников электромагнитных импульсов. Если взрыв имеет точно симметричный характер и произведен в однородной атмосфере, то эффекты будут одинаковы во всех направлениях; в этом случае противоположные компоненты будут полностью компенсироваться и никакого электромагнитного сигнала не возникнет. Однако существует большое число факторов, связанных с механизмом ядерного взрыва, которые обусловливают асимметрию и, следовательно, возникновение электромагнитного импульса.

10.05. Наиболее очевидная ситуация, обусловливающая асимметрию взрыва, характерна для взрыва на поверхности или вблизи поверхности земли (порядка 100 м), когда сама земля ограничивает расширение продуктов деления и обусловливает выброс этих продуктов вверх. В другом крайнем случае, когда взрыв происходит высоко в атмосфере, будет наблюдаться весьма незначительное взаимодействие движущихся вверх гамма-лучей (из-за очень малой плотности воздуха), в то время как гамма-лучи, направленные книзу, вызовут появление комптоновских электронов уже на небольшом расстоянии от точки взрыва.

В обоих этих случаях импульс комптоновских электронов направлен в основном вертикально. Более того, независимо от области, в которой произошел взрыв, существует некоторая асимметрия излучения и взаимодействия фотонов. Например, поток гамма-лучей от взорвавшейся бомбы сам по себе никогда не является полностью симметричным ввиду наличия дополнительных механизмов бомбы, оболочки бомбы или ракеты-носителя. Необходимо заметить, что в то время как «естественная» асимметрия имеет тенденцию к направленности по вертикали, другие виды ее могут иметь любую ориентировку.

10.06. Комптоновские электроны, появление которых обусловлено гамма-излучением, движутся, таким образом, асимметрично и с высокими скоростями в направлении от точки взрыва. Поскольку оставшиеся симметричные компоненты все еще компенсируют действие друг друга, это движение на некотором удалении кажется практически мгновенно ускоренным импульсом тока, движущимся в одном направлении; другими словами, такое движение вызывает эффект, аналогичный действию излучателя типа «электрический диполь». Импульс тока в воздухе излучает электромагнитную энергию таким же образом, как это происходит при его прохождении в проволочной излучающей антенне; это излучение образует первую часть характерного сигнала ядерного взрыва.

10.07. При движении комптоновских электронов от точки взрыва за ними остаются положительные ионы, перемещающиеся гораздо медленнее. Это относительное смещение положительных и отрицательных зарядов вызывает появление радиального электрического поля. Кроме того, при своем прохождении через воздух каждый комптоновский электрон вызывает образование большого количества пар «электрон-ионов» (примерно до 30 000); этот процесс характерен в основном для конечного участка пути длиной 3—4,5 м. Под влиянием радиального электрического поля большое число электронов отбрасывается назад, в направлении к точке взрыва. Это обусловливает появление второго импульса тока, который, однако, быстро исчезает в результате рекомбинации электронов и ионов и прилипания электронов к нейтральным атомам и молекулам в воздухе, даже до того, как электрическое поле нейтрализуется. Отрицательные ионы, образующиеся в процессе прилипания электронов, и соответствующее количество положи-

тельных ионов остаются свободными в течение более длительного промежутка времени, поскольку ионы, будучи более тяжелыми и менее подвижными, чем электроны, сталкиваются менее часто. Этот большой объем ионизированного газа (или «плазма») подвержен колебаниям, частота которых аналогична частоте, наблюдаемой в лабораторных условиях в экспериментально созданных плазмах. Колебания затухают в течение короткого времени, по мере того как отрицательные частицы (ионы и электроны) комбинируются с положительными ионами. Однако пока происходят колебания плазмы, имеет место излучение электромагнитной энергии в диапазоне радиочастот.

Характеристика сигнала, образующегося под воздействием комптоновских электронов

10.08. Эффективное время нарастания основной части импульса первоначального сигнала, образующегося под воздействием комптоновских электронов при взрыве, произведенном на поверхности земли или вблизи от нее, измеряется величиной 10^{-8} сек. Вследствие этого можно ожидать, что возникшие при взрыве колебания будут иметь частоту до 100 Мгц (10^8 гц). Однако только очень небольшая часть общей электромагнитной энергии излучается на столь высоких частотах. Кроме того, при нормальном распространении через атмосферу высокие частоты затухают быстрее, чем низкие. Плазменные колебания, которые имеют место в течение нескольких миллисекунд и излучают значительное количество энергии, имеют более низкие частоты, которые, следовательно, затухают медленно. В нижней части спектра расположены частоты порядка нескольких килогерц, которые могут быть обнаружены очень близко от любого излучающего диполя.

10.09. Электромагнитный сигнал, обнаруженный на расстоянии примерно 160 км, имеет, таким образом, непрерывный спектр, причем большая часть его энергии распределена около средней частоты (10—15 кгц), величина которой находится в обратной зависимости от мощности взрыва. На больших расстояниях (несколько сот или тысяч километров) форма и спектр импульса определяются в большей степени характеристиками среды распространения, т. е. среды между поверхностью земли и слоем D или E ионосферы (п. 10.16).

10.10. В природе часто встречается до некоторой степени аналогичный взрыву вертикальный дипольный излучатель. Это молния. Частота электромагнитного сигнала от молниевого разряда также имеет максимальную величину около 10 кгц. Однако точной аналогии между режимами генерирования электромагнитных сигналов от молний и от ядерных взрывов провести нельзя. Во время распространения сигнала его характеристики в обоих случаях сильно искажаются.

Механизм смещения поля

10.11. Второй фактор, влияющий на генерирование радиосигналов при ядерном взрыве, имеет особое значение для взрывов, произведенных на очень больших высотах. Непосредственно после того, как произошел взрыв, продукты взрыва представляют собой сильно ионизированный пар (или плазму), который быстро расширяется. Свойством всех плазм является тенденция к вытеснению магнитного поля (например, магнитного поля Земли) из части пространства, занимаемого плазмой.

Расширяющаяся плазма продуктов взрыва вызывает, таким образом, сильное искажение магнитного поля Земли. В результате взаимодействия между геомагнитным полем и заряженными частицами в расширяющейся плазме и в очень сильно разряженных ионизированных окружающих газах от точки взрыва начинают распространяться возмущения, представляющие собой магнитогидродинамическую волну.

10.12. Магнитогидродинамическая волна сохраняет свои свойства и характеристики при распространении на больших высотах и на очень больших расстояниях; однако на меньших высотах, когда она взаимодействует с более плотными атмосферными слоями, она проявляется как обычная электромагнитная волна или магнитное возмущение. Считают, что механизм смещения поля особенно необходимо учитывать для взрывов на очень больших высотах, где плотность воздуха низка и распространение продуктов взрыва не ограничивается атмосферным давлением. Возможно, что этот же механизм характеризует образование электромагнитных сигналов при подземных взрывах. В этом случае распространение продуктов взрыва ограничено расстоянием в несколько метров, и поэтому сигнал получается слабым. Однако на небольших расстояниях он может быть обнаружен.

ИОНИЗАЦИЯ АТМОСФЕРЫ

Влияние ионизации на распространение радиосигналов

10.13. Ионизация, т. е. образование пар ионов, состоящих из разделенных электронов и положительных ионов, может происходить либо непосредственно, либо косвенно — под воздействием гамма-лучей и нейтронов начального ядерного излучения, бета-частиц и гамма-лучей остаточного ядерного излучения, а также под воздействием рентгеновских и даже ультрафиолетовых лучей, присутствующих в начальном тепловом излучении. Следовательно, после ядерного взрыва плотность электронов в атмосфере в районе взрыва сильно возрастает. Эти электроны могут воздействовать на электромагнитные сигналы, по крайней мере, двумя способами. Во-первых, при соответствующих условиях они могут уменьшать энергию волны и таким образом ослаблять сигнал;

во-вторых, фронт волны, распространяющейся из одной области в другую (имеющую иную плотность электронов), будет искривляться, т. е. направление распространения радиоволн будет изменяться. Поэтому ясно, что ионизированные области в атмосфере, возникающие под воздействием ядерного взрыва, будут влиять на поведение радио- и радиолокационных сигналов, траектории распространения которых проходят через эти области.

10.14. При воздействии на свободный электрон электромагнитной волны радиодиапазона часть энергии волны передается электрону в виде энергии колебаний. Если электрон не теряет эту энергию в результате столкновения с нейтральной частицей (атомом или молекулой) воздуха, то он будет излучать новый электромагнитный сигнал на той же частоте. Таким образом, энергия волны будет восстанавливаться без потерь. Однако если плотность воздуха значительна, а именно составляет 10^{-4} величины плотности воздуха на уровне моря, то столкновение электронов с нейтральными частицами происходит очень часто. При этих столкновениях большая часть колебательной энергии электронов преобразуется в кинетическую энергию хаотического движения и не может излучаться вновь. В результате энергия волны поглощается и электромагнитный сигнал ослабляется.

10.15. Значительное ослабление интенсивности сигнала будет, следовательно, происходить только в тех случаях, когда и плотность электронов и плотность воздуха сравнительно велики. Если прочие условия поддерживаются постоянными, то поглощение энергии в ионизированном газе будет тем больше, чем меньше частота сигнала. Как положительные, так и отрицательные ионы могут в принципе поглощать электромагнитную энергию таким же путем, как и электроны; однако вследствие их большой массы это поглощение оказывается значительно менее эффективным. Поэтому в рассматриваемом случае влиянием ионов можно пренебречь.

Ионизация в нормальной атмосфере

10.16. Для того чтобы понять влияние свободных электронов на работу радио- и радиолокационных систем, необходимо кратко рассмотреть ионизацию воздуха в нормальной невозмущенной атмосфере. На высотах менее 65 км ионизация незначительна, но на больших высотах существует область, называемая ионосферой, в которой плотность свободных электронов и ионов значительна. Ионосфера состоит из трех более или менее разделенных слоев, называемых областями D, E и F. В дневное время, особенно летом, область F состоит из двух слоев, называемых F_1 и F_2, однако для рассматриваемого круга вопросов это разделение не имеет значения. Плотность электронов не возрастает постепенно от одной области к другой, а в каждой области имеется зона с резко выраженной максимальной плотностью электронов; величина этих

максимумов возрастает при переходе от области D к областям E и F, т. е. при увеличении высоты (рис. 10.16).

10.17. В нормальной ионосфере электроны (и ионы) возникают в результате воздействия солнечного излучения на различные частицы атмосферы, находящиеся в атомарном или молекулярном состоянии; число этих электронов уменьшается либо в результате рекомбинации с положительными ионами, либо за счет захваты-

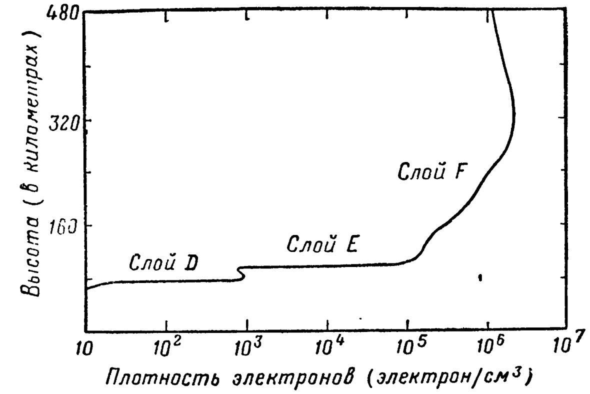


Рис. 10.16. Плотность электронов в слоях D, E и F ионосферы (в дневное время)

вания нейтральными частицами. Первый процесс доминирует в тех областях, где плотность электронов велика; второй процесс преобладает в областях с увеличенной плотностью воздуха.

10.18. На высотах меньше 48—56 км плотность воздуха относительно велика и, следовательно, вероятность столкновения свободных электронов с атомами и молекулами атмосферы также велика. В результате свободные электроны быстро исчезают вследствие захвата нейтральными частицами, и средняя продолжительность существования свободного электрона в этой области меньше микросекунды. Таким образом, любая возникающая ионизация быстро прекращается, а плотность электронов будет мала и влиянием ионизации на электромагнитные сигналы можно пренебречь.

10.19. В области высот от 65 до 80 км (слой ионосферы) плотность нейтральных частиц (главным образом молекулярного азота и кислорода, а также некоторого количества окиси азота и атомарного кислорода) сравнительно мала — около 10^{-4} плотности воздуха на уровне моря, поэтому свободные электроны существуют в течение нескольких минут. Среднее время их существования изменяется в зависимости от места положения и времени года, но оно достаточно велико для того, чтобы плотность электронов в результате действия солнечного излучения в дневное

время поддерживалась в максимуме около 10^3 эл/см³. Ночью, когда новые электроны под воздействием солнечного излучения не возникают, свободные электроны в слое исчезают. Хотя плотность нейтральных частиц относительно мала и время существования электронов (в дневное время) сравнительно велико, она все же достаточна для того, чтобы в результате столкновения частиц произошло значительное ослабление электромагнитных волн, как следствие процессов, рассмотренных в п. 10.14.

10.20. В слое E ионосферы на высотах от 80 до 130 км плотность воздуха весьма мала (10^{-5} — 10^{-8} от плотности на уровне моря) и среднее время существования электронов значительно больше, чем в слое D. Максимальная плотность электронов в дневное время составляет около 10^5 эл/см³. Однако большая часть ионизации, так же как и в слое D, в ночное время исчезает. Тем не менее вследствие очень малой плотности нейтральных частиц частота их столкновений с электронами столь мала, что она почти не влияет на ослабление электромагнитных сигналов.

10.21. На высотах более 130 км находится слой F ионосферы. В этом слое плотность нейтральных частиц очень мала, а следовательно, время существования свободных электронов очень значительно. На высотах около 260 км максимальная плотность электронов в дневное время составляет примерно 10^6 эл/см³, уменьшаясь в ночные часы примерно до 10^5 эл/см³. На меньших высотах плотность электронов несколько меньше этой величины. Ослабление электромагнитных сигналов в слое F очень мало, несмотря на большую плотность электронов. Это связано с очень малой частотой столкновений электронов с нейтральными частицами. Рефракционные явления в этом слое ионосферы имеют важное значение.

10.22. Когда радиоволна распространяется кверху, то при попадании в слой D, в котором имеет место первое увеличение плотности электронов, наблюдается ее рефракция. По мере проникновения в область D, когда плотность электронов возрастает до своей максимальной величины, происходит все большая и большая рефракция фронта волны, и, если угол падения не слишком мал, волна за счет рефракции может возвратиться к земле. Этот процесс часто называется «отражением», хотя, по существу, это не «истинное» отражение, при котором не происходит проникновения волны в ионизированный слой воздуха. Истинное, или зеркальное, отражение имеет место лишь в диапазоне самых низких радиочастот; зеркальное отражение, как и для видимого света, происходит, когда синус угла падения равен или превышает коэффициент преломления ионизированной области. Если угол падения относительно мал, то электромагнитная волна в слое D не претерпевает рефракции, достаточной для возвращения волны к земле, а проникает в слой E и даже в слой F, где максимальная плотность электронов очень велика, а затем возвращается назад. В нормальных условиях отражение от слоя D очень мало. Электромагнитные волны более высоких частот (около 1 Мгц и более), используемые для радиосвязи, обычно отражаются в областях F_1 и F_2 ионосферы.

ИОНИЗАЦИЯ, СОЗДАВАЕМАЯ ЯДЕРНЫМИ ВЗРЫВАМИ

Введение

10.23. Как ядерные, так и тепловые излучения, возникающие при ядерном взрыве, могут вызывать ионизацию воздуха. На это может расходоваться (в зависимости от высоты взрыва) от 10 до 75% полной энергии взрыва. Если считать, что для создания одной пары ионов в воздухе требуется в среднем энергия, равная 34 эв и что на образование ионов расходуется только 10% энергии взрыва мощностью 1 Мт, то возникает 10^{32} свободных электронов. Это число приблизительно равняется числу свободных электронов во всей нормальной ионосфере. Поскольку работа многих систем связи в меньшей или большей степени зависит от степени ионизации атмосферы, то очевидно, что ядерный взрыв окажет сильное влияние на работу таких систем.

10.24. При последующем рассмотрении вопроса о том, как влияет ядерный взрыв на плотность электронов в ионосфере, будут приведены примеры взрывов на различных высотах. Однако должно быть ясно, что эти диапазоны высот до некоторой степени произвольны и выбраны для выявления тех изменений, которые происходят с изменением высоты взрыва. Фактически нет никаких резких разграничений между различными диапазонами высот, изменения непрерывны, но влияние, оказываемое ядерным взрывом на различных высотах, имеет все же характерные черты в различных диапазонах.

10.25. Для электромагнитных волн, лежащих в диапазоне радио- и радиолокационных частот, условия таковы, что максимальное затухание имеет место главным образом в пределах слоя толщиной 16 км, на средней высоте около 72 км. Следовательно, большая часть последующих рассуждений касается к этой относительно узкой области высот, которая совпадает со слоем D нормальной ионосферы.

Взрывы на высотах менее 16 км

10.26. Для ядерных взрывов на высотах менее 16 км ионизация окружающей среды под воздействием начального гамма-излучения, потока нейтронов, а также тепловых рентгеновских лучей наблюдается большей частью на расстоянии не свыше нескольких сотен метров от огненного шара. Свободные электроны будут почти мгновенно присоединяться к нейтральным частицам атмосферы, и поэтому время существования их будет очень коротким. Внутри огненного шара высокая температура (порядка милли-

она градусов) будет создавать значительную ионизацию в течение доли секунды. В течение этого короткого периода времени плотность свободных электронов в области огненного шара будет достаточна, чтобы вызвать некоторое ослабление электромагнитных сигналов в непосредственной близости от места взрыва. Однако этот эффект исчезнет через несколько секунд.

10.27. По мере того как огненный шар поднимается, остаточное ядерное излучение, главным образом бета- и гамма-излучение, продуктов деления и других продуктов взрыва будет вызывать ионизацию в непосредственной близости от шара. Поскольку плотность воздуха довольно значительна, то число свободных электронов будет быстро уменьшаться за счет прилипания их к нейтральным частицам, и потому плотность электронов будет оставаться низкой. Следовательно, до тех пор пока радиоактивное облако не поднимется на значительную высоту, например 32 км или более, влияние взрыва на распространение радиоволн будет незначительно, несмотря на непрерывное излучение бета-частиц и гамма-лучей.

10.28. При взрывах мегатонной мощности радиоактивное облако может подняться на высоту более 32 км. Гамма-излучение распространяется во всех направлениях, и если та часть этого излучения, которая направлена книзу, не имеет существенного значения, то этого нельзя сказать об излучении, направленном кверху в области с малой плотностью воздуха. Толщина слоя атмосферы, соответствующая ослаблению остаточного гамма-излучения до 0,1 от начальной интенсивности, на высотах свыше 32 км составляет более 19 км.

Следовательно, значительная часть гамма-лучей будет достигать слоя D ионосферы и свободные электроны, образовавшиеся в этой области, будут существовать в течение нескольких минут. Непрерывное гамма-излучение продуктов деления в радиоактивном облаке приведет затем к образованию значительной концентрации электронов. Следовательно, взрыв большой мощности на довольно малой высоте может вызвать ненормально высокие плотности электронов в слое D, которые будут существовать в течение нескольких часов после взрыва.

Взрывы на высотах от 16 до 64 км

10.29. Если взрыв произошел в диапазоне высот примерно от 16 до 64 км, где плотность воздуха низка, то некоторые из первичных ядерных излучений (гамма-лучи и нейтроны) и в незначительной степени тепловые рентгеновские лучи будут достигать слоя D и вызывать там значительную ионизацию. Ориентировочно вычисленные плотности электронов на высоте 72 км (где, как ожидают, эти плотности будут максимальными; п. 10.77) в зависимости от расстояния по горизонтали для взрывов мощностью 1 Мт

на различных высотах показаны на рис. 10.29[1]. Например, для взрыва мощностью в 1 Мт на высоте 48 км плотность электронов в слое D (высота 72 км) составляет 10^7 электронов на 1 $см^3$ при расстоянии по горизонтали 64 км и 10^6 — при расстоянии 128 км и т. д. Расстояние по горизонтали, на котором имеет место ионизация, ограничивается кривизной земли для той части слоя D, которая расположена в пределах прямой видимости взрыва, как показано пунктирной кривой на рис. 10.29.

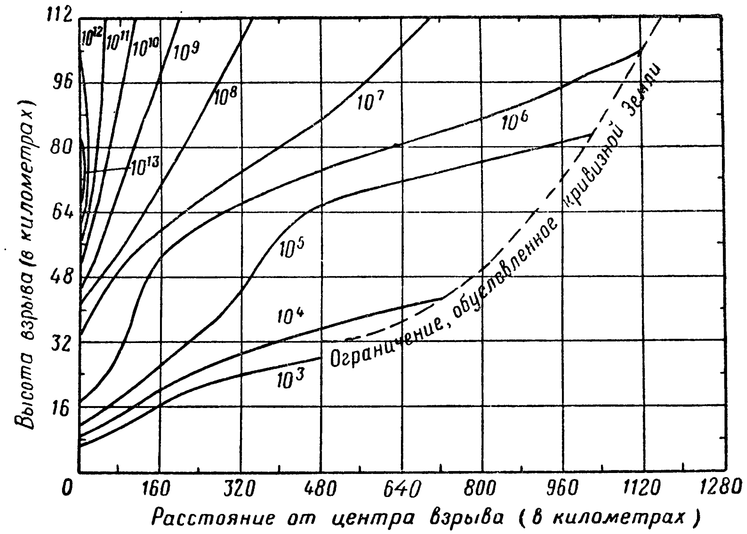


Рис. 10.29. Расчетные значения плотности электронов на высоте 72 км при взрыве мощностью в 1 мегатонну (на различных высотах) в зависимости от расстояния

10.30. Время жизни электронов, образовавшихся в слое D, точно неизвестно, но оно, вероятно, будет составлять несколько минут (п. 10.46). По мере того как электроны перестают существовать в результате прилипания к нейтральным частицам или рекомбинации с ионами, все больше и больше свободных электронов создается под воздействием бета-частиц и гамма-лучей продуктов деления и других продуктов взрыва в поднимающемся огненном шаре.

Плотность электронов будет зависеть от высоты, достигнутой продуктами взрыва. Она будет изменяться в зависимости от мощности и высоты взрыва.

10.31. Облако из осколков деления при взрыве мощностью 1 Мт, произведенном в нижних слоях атмосферы, достигает

[1] Следует отметить, что кривые показывают только плотность электронов, создаваемую ядерным взрывом, и не учитывают ионизацию, обусловленную солнечным излучением и другими естественными факторами.

высоты примерно 32 км; следовательно, можно считать, что от взрыва той же мощности на высоте 32 км облако достигнет высоты около 64 км над поверхностью земли. Плотность воздуха на этой высоте настолько мала, что толщина слоя, соответствующая ослаблению остаточных гамма-лучей до 0,1 от начальной интенсивности, будет простираться на расстояние 3200 км и, следовательно, ионизация будет создаваться на значительной площади, простирающейся горизонтально на больших расстояниях от радиоактивного облака. Бета-частицы будут распространяться на расстояние около 32 км, вследствие чего ионизация, сопровождающая их поглощение, будет происходить вблизи радиоактивного облака. Результирующая плотность электронов будет зависеть от плотности осколков деления, времени после взрыва и времени существования свободных электронов. Некоторые расчетные данные о плотности электронов приведены в п. 10.48.

10.32. Во внешней по отношению к радиоактивному облаку среде, за исключением той части слоя D, которая располагается ниже облака из продуктов взрыва, плотность электронов, созданная гамма-излучением, будет незначительна. Однако гамма-лучи, идущие книзу, вступают в область с более высокой плотностью воздуха. Следовательно, они поглощаются при прохождении более коротких расстояний и могут создавать значительную плотность электронов.

Взрывы на высотах от 64 до 112 км

10.33. При взрывах на высотах от 64 до 112 км толщина слоя, соответствующая ослаблению первичных гамма-лучей и нейтронов до 0,1 от начальной интенсивности, составляет несколько тысяч километров; однако, как установлено выше, расстояния, на которых происходит ионизация, ограничены кривизной Земли. Например, при взрыве на высоте 112 км кривизна Земли не позволяет радиации достигнуть слоя D на расстояниях, по горизонтали превышающих примерно 1100 км.

10.34. Ионизация, которая создана тепловыми рентгеновскими лучами и ультрафиолетовым излучением и незначительна на меньших высотах, становится значительной при ядерных взрывах в диапазоне высот от 64 до 112 км. Для рентгеновских лучей, которые переносят примерно две трети энергии взрыва, толщина слоя, соответствующая ослаблению до 0,1 начальной интенсивности, составляет на этих высотах несколько километров[1], и, следовательно, плотность электронов, которую они обусловливают, будет высока. Эти высокие значения плотности электронов будут иметь место на некотором расстоянии от точки взрыва. На рис. 10.29,

[1] Так как тепловые рентгеновские лучи охватывают широкий диапазон энергии, то для них не существует единственного значения толщины слоя, соответствующего ослаблению до 0,1 от начальной интенсивности (п. 10.83).

где приведены расчетные плотности электронов на высоте 72 км при взрыве мощностью в 1 Мт (при различных высотах взрыва), учтено влияние рентгеновских лучей, равно как и первичных гамма-лучей и нейтронов. При взрывах на высотах выше 64 км рентгеновские лучи являются основным ионизирующим фактором.

10.35. Незначительные величины ионизации, зарегистрированные на расстояниях до 8000 км через несколько секунд при взрывах на больших высотах, обусловлены протонами и электронами, образовавшимися при естественном распаде нейтронов (период полураспада около 13 минут). Будучи заряженными частицами, протоны и электроны следуют вдоль силовых линий земного магнитного поля и вызывают ионизацию при вхождении в атмосферу. Несмотря на то что только небольшой процент нейтронов распадается в очень короткое время, в течение которого они находятся в точке вхождения в атмосферу, ионизация достаточна для того, чтобы вызвать на мгновение измеримый эффект в нижних слоях ионосферы.

10.36. Ионизация, вызванная запаздывающими гамма- и бета-излучениями, имеет большое значение при взрывах в диапазоне высот от 64 до 112 км. Ее интенсивность и ее границы обусловливаются положением радиоактивного облака, а перемещение облака при взрывах в диапазоне этих высот совершенно отлично от того, которое имеет место при взрывах на более низких высотах. Сразу после взрыва тепловые рентгеновские лучи отдают около половины полной энергии взрыва в пространство в пределах нескольких километров от точки взрыва. Если энергия взрыва исчисляется мегатоннами, то она будет достаточна для того, чтобы диссоциировать и ионизировать, по существу, все молекулы кислорода и азота в воздухе и повысить температуру области взрыва на несколько тысяч градусов.

10.37. До взрыва давление воздуха изменяется с высотой на величину, как раз достаточную для того, чтобы уравновесить силу тяготения. Внезапное повышение температуры воздуха вызывает пропорциональное повышение давления; следовательно, давление больше не уравновешивается силой тяготения. Это нарушение равновесия сил заставляет огненный шар устремляться кверху с большей скоростью, свыше 1,6 км/сек. Следовательно, продукты деления достигают высот в несколько сот километров, т. е. высот, которые намного больше, чем те, которые можно ожидать в том случае, если подъем обусловливается одной лишь подъемной силой. Так как плотность воздуха на большой высоте чрезвычайно низка, то продукты деления будут быстро падать с этих высот и в пределах часа достигнут высоты около 136 км. Дальнейшее падение будет замедлено вследствие увеличения плотности атмосферы. Перемещение продуктов деления кверху обусловливает перенос радиоактивных частиц в область, где гамма-излучение распространяется на чрезвычайно большие расстояния. Таким образом, гамма-лучи от продуктов деления будут создавать широко

распространяющуюся ионизацию, хотя концентрация электронов будет мала из-за большого объема среды. Например, с высоты 480 км гамма-лучи будут создавать заметную ионизацию в слое D на расстояниях около 4800 км.

10.38. После взрыва на больших высотах для бета-частиц, излучаемых радиоизотопами продуктов деления, возникают новые условия. Так как эти частицы имеют электрический заряд, то они перемещаются по спирали вдоль силовых линий магнитного поля Земли. По мере того как продукты деления поднимаются с облаком вверх, бета-частицы будут перемещаться вдоль силовых линий магнитного поля, причем около половины их движется по направлению к сопряженной точке в одной полусфере, а другая половина — по направлению к соответствующей точке в другой полусфере (п. 2.127). На больших высотах эти частицы будут свободно перемещаться вдоль силовых линий, но по мере проникновения в более плотные слои воздуха они будут сталкиваться с атомами и молекулами воздуха. Примерно на высоте 72 км бета-частицы входят в слои воздуха, имеющие достаточную плотность, при которой происходит их поглощение, т. е. ионизация среды. Таким образом, там, где силовые линии земного магнитного поля, проходя через радиоактивное облако, входят в слой D, будут создаваться два (сопряженных) объема ионизации — по одному в каждой полусфере. Каждый из объемов будет иметь ориентировочно такую же напряженность, как и облако, и его эффективная вертикальная толщина будет равна примерно 16 км (по обе стороны от высоты 72 км). Плотность электронов в каждом объеме ионизации будет составлять приблизительно половину той, которую можно было бы ожидать, если бы радиоактивное облако действительно имелось в данной точке.

Взрывы на высотах более 112 км

10.39. При взрывах на высотах от 112 км до нескольких сот километров можно ожидать совершенно другую картину последствий ядерного взрыва. Начальное ядерное излучение, а также тепловые ультрафиолетовые и рентгеновские лучи, распространяясь книзу, будут вызывать ионизацию в слое D на довольно значительном его протяжении, подобно тому как это было описано выше. В то же время для излучений, распространяющихся кверху, характерно меньшее количество столкновений с молекулами (или атомами) воздуха, что обусловило бы поглощение этих излучений, а поэтому они почти полностью распространяются за пределы земной атмосферы. Однако ионизация небольшой интенсивности будет вызвана потоками нейтронов, которые распадаются в магнитном поле Земли.

10.40. Влияние остаточного бета- и гамма-излучения будет определяться, как и в других случаях, местонахождением продуктов взрыва. Их перемещение трудно предсказать заранее, однако можно себе представить качественную картину этого процесса. Немедленно после ядерного взрыва продукты взрыва распространяются радиально с большой скоростью от точки взрыва. При этом большая их часть представляет собой ионы и свободные электроны, возникающие под действием высокой температуры взрыва. На меньших высотах перемещение этих продуктов быстро прекращается под влиянием окружающей атмосферы. Происходит рекомбинация ионов и свободных электронов, в результате чего образуются нейтральные атомы. На очень больших высотах плотность воздуха весьма невелика, в результате чего столкновения между продуктами деления и атомами окружающего воздуха происходят очень редко и не вызывают какого-либо заметного уменьшения скорости перемещения продуктов взрыва вверх. Однако поскольку продукты деления состоят большей частью из свободных ионов и электронов, т. е. плазмы, то важную роль в процессе замедления их радиального распространения играет магнитное поле Земли.

10.41. Как было установлено выше (п. 10.11), плазма в магнитном поле всегда имеет тенденцию вытеснять линии магнитного поля из своего внутреннего пространства. Следовательно, в процессе распространения продуктов взрыва будет происходить «вытягивание» силовых линий магнитного поля Земли таким образом, что они (силовые линии) будут проходить вне проводящего пространства. Это вытягивание силовых линий потребует затраты определенного количества работы, направленной против сил поля, и, когда их энергия уменьшится до такой степени, что станет равной напряженности (или плотности энергии) магнитного поля, распространение продуктов взрыва прекратится. Подсчитано, что при мегатонном взрыве это явление происходит в радиусе примерно 1000 км, а при килотонном — в радиусе около 96 км от точки взрыва.

10.42. Если точка взрыва находится не на слишком большой высоте, продукты взрыва при перемещении книзу (прежде чем их распространение будет прекращено под воздействием магнитного поля Земли) достигнут на высоте примерно 136 км области со значительной плотностью воздуха, вследствие чего часть продуктов взрыва будет остановлена и нейтрализована. Возможно, что вследствие нагревания воздуха под воздействием тепловых рентгеновских лучей продукты взрыва будут подниматься нагретым воздухом вверх на небольшие расстояния. Затем они снова опустятся на высоту 136 км. При этом они будут осаждаться в круговом слое, радиус которого определяется мощностью взрыва и его высотой. Этот круговой слой будет облучать слой D нормальной ионосферы, причем гамма-лучи будут вызывать ионизацию небольшой интенсивности, а под действием бета-частиц возникнут две области с повышенной интенсивностью ионизации там, где линии магнитного поля проходят через радиоактивный слой (п. 10.38).

10.43. Поведение той части продуктов взрыва, движение кото-

рых прекращается под воздействием магнитного поля Земли, точно не выяснено. Нарушенное магнитное поле Земли начинает восстанавливаться, и при возвращении в нормальное состояние силовые линии поля будут, вероятно, вызывать турбулентность, обусловливающую смещение окружающего воздуха и продуктов взрыва. Часть продуктов взрыва вследствие рекомбинации ионов и электронов станет электрически нейтральной и, не подвергаясь далее воздействию магнитного поля Земли, будет уходить из области захвата магнитным полем; оставшаяся часть все еще заряженных частиц снова подвергнется воздействию магнитного поля Земли. Нейтральные частицы продуктов взрыва, обладающие достаточной энергией, будут уходить из гравитационного поля Земли. Другие частицы будут в конечном итоге задерживаться на высоте 136 км, и слой D будет облучаться остаточным бета- и гамма-излучением, как это было описано выше.

10.44. Некоторые продукты взрыва, сохранившие свой заряд в течение продолжительного времени, будут, находясь в пределах магнитного поля Земли, испускать бета-частицы. Эти частицы будут двигаться от одной сопряженной области к другой, постепенно смещаясь к востоку, а несколько часов спустя после взрыва образуют своего рода ядро из бета-частиц высокой энергии, т. е. электронов. В экспериментах по проекту «Аргус», когда взрывы производились на высоте порядка 480 км, наблюдалось образование четко выраженных слоев толщиной около 100 км, которые оставались на месте в течение нескольких дней, имея такую плотность электронов, которая поддавалась измерению. Это явление стало известно как «эффект Аргус».

Протекание ионизации во времени

10.45. После того как ионизация в слое D сильно возросла в результате ядерного взрыва, плотность электронов начинает падать до нормальной величины вследствие рекомбинации электронов с ионами и прилипания электронов к нейтральным частицам. Если плотность электронов в слое D превышает величину 10^6 эл/см^3, то уменьшение плотности будет обусловлено днем и ночью прежде всего явлением рекомбинации; если же плотность электронов ниже этой величины, то в дневное время будет преобладать рекомбинация, а в ночное — прилипание электронов к нейтральным частицам (п. 10.85 и следующие за ним).

10.46. Расчетные данные о промежутках времени, необходимых для уменьшения плотности электронов (при различных ее исходных значениях) в 10 раз, представлены в таблице 10.46.

Таблицу 10.46 можно пояснить следующими примерами: в любое время суток промежуток времени, необходимый для уменьшения плотности электронов от значения 10^8 эл/см^3 или выше до значения 10^7 равен лишь 1 секунде; в течение 10 секунд плотность электронов, равная 10^7, упадет до 10^6. Соответственно плотность

порядка 10^6 или менее заметным образом не уменьшится. Для плотностей ниже 10^6 время восстановления будет различным, в зависимости от времени суток; в дневное время для уменьшения плотности электронов порядка 10^6 до значения 10^5 потребуется 100 секунд, тогда как в ночное время на этот процесс потребуется лишь 15 секунд. Уменьшение плотности электронов на один порядок от величины 10^5 или ниже будет происходить сравнительно медленно в дневное время. Поскольку нормальная плотность электронов в слое D составляет величину 10^3 в дневное время и имеет близкое к нулю значение ночью, то данные в таблице 10.46 показывают, что для полного восстановления плотности электронов от внезапной высокой величины плотности электронов до нормального потребовалось бы 3 часа днем и около 100 секунд ночью.

10.47. Пользуясь данными таблицы 10.46 и показателями кривой, приведенной на рис. 10.29, можно определить изменение временной зависимости степени ионизации, вызванной начальным ядерным излучением и световым излучением при ядерном взрыве в 1 Мт на различных высотах. Однако поскольку при вычислениях были допущены некоторые упрощения, то полученные результаты

Таблица 10.46

Время, необходимое для уменьшения плотности электронов в ионосфере

Плотность электронов (эл/см^3)	Время, необходимое для уменьшения плотности электронов в 10 раз (сек)	
	днем	ночью
10^8	Менее 1	Менее 1
10^7	10	10
10^6	100	15
10^5	1000	15
10^4	10 000	15

будут верны в лучшем случае в пределах порядка величин. Кроме того, в тех областях, где ионосфера претерпела исключительно сильное возмущение в результате ядерного взрыва, плотность электронов может оставаться равной 10^7 эл/см^3 и более в течение значительно более длительного времени, чем 1 секунда.

10.48. Плотность электронов, обусловленная остаточным бета- и гамма-излучениями, уменьшается со скоростью, которую трудно рассчитать, так как ионизация продолжается в течение длительного промежутка времени. Тем не менее, учитывая скорость уменьшения числа свободных электронов в результате рекомбинации и столкновений, а также скорость спада активности продуктов взрыва, удалось получить результаты, представленные на рис. 10.48а и 10.48б; приведенные данные относятся к взрывам мощностью в 1 Мт на высотах от 16 до 64 км и от 64 до 112 км.

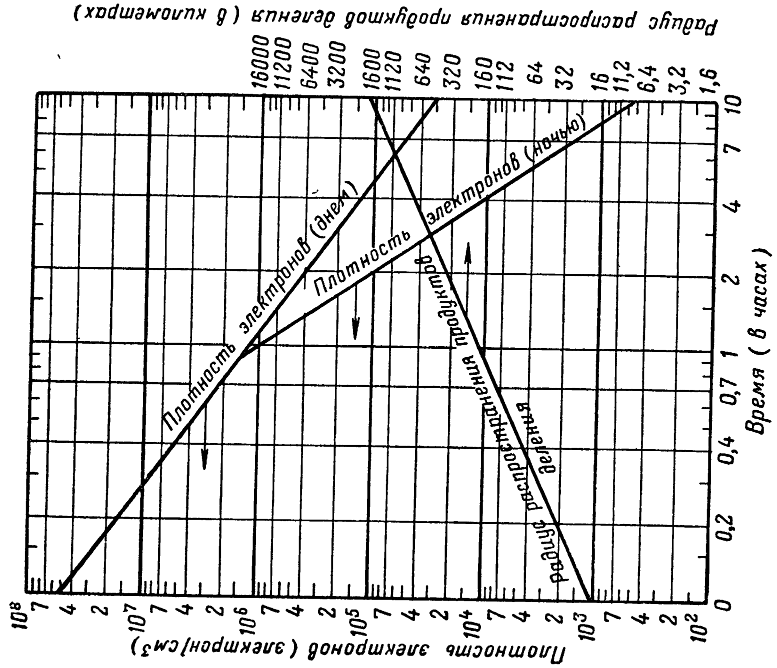


Рис. 10.48а. Зависимость величины радиуса распространения продуктов взрыва и соответствующей плотности электронов в слое D от времени при ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну на высотах от 16 до 64 км

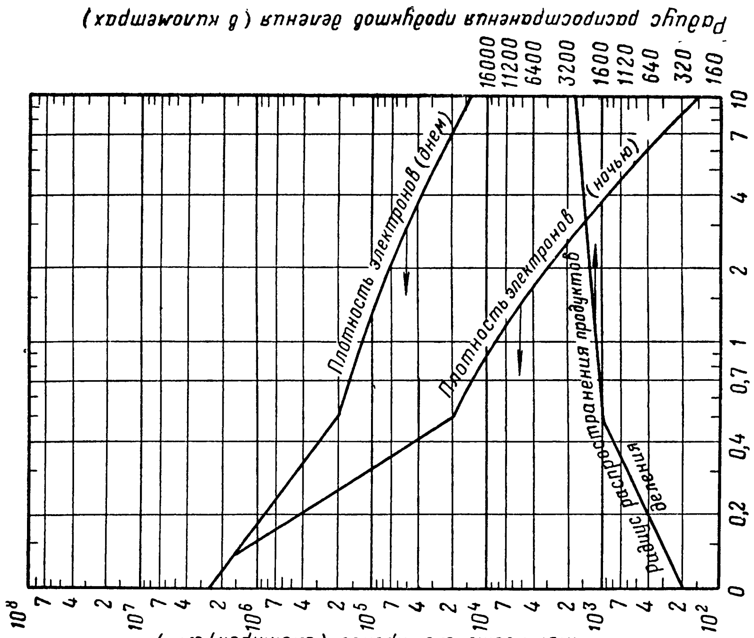


Рис. 10.48б. Зависимость величины радиуса распространения продуктов взрыва и соответствующей плотности электронов в слое D от времени при ядерном взрыве мощностью в 1 мегатонну на высотах от 64 до 112 км

На каждом графике даны две величины: радиус распространения продуктов взрыва (который определяет область повышенной плотности электронов) и соответствующая плотность электронов слоя D.

10.49. Из графика видно, например, что через 1 час после взрыва мегатонной мощности, произведенного на высоте порядка 16—64 км, сфера с радиусом 160 км, описанная из центра взрыва, характеризуется в дневное и ночное время плотностью электронов, равной 10^6 эл/см³. Через 3 часа после взрыва в пространстве радиусом 480 км будет наблюдаться плотность электронов, равная 2×10^5 эл/см³ в дневное время и 3×10^4 эл/см³ в ночное время суток.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА РАДИО- И РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИГНАЛЫ

Введение

10.50. Воздействие атмосферной ионизации, возникшей в результате ядерных взрывов на различных высотах, на работу системы радиосвязи зависит от типа системы и от ее рабочей частоты.

Поэтому при рассмотрении этого вопроса удобно разделить весь спектр используемых частот на ряд диапазонов, отличающихся друг от друга на порядок величины частот.

Диапазоны частот и соответствующие им длины волн приведены в таблице 10.50.

Таблица 10.50

Диапазон радиоволн

Наименование диапазона	Частоты диапазона (Мгц)	Длина волны (см)
Сверхдлинные волны	0,003—0,03	10^7—10^6
Длинные волны	0,03—0,3	10^6—10^5
Средние волны	0,3—3	10^5—10^4
Короткие волны	3—30	10^4—10^3
Метровые волны . . .	30—300	10^3—10^2
Дециметровые волны	300—3000	10^2—10

Радиолокационные системы, работающие в диапазоне УКВ и ниже, будут рассматриваться в п. 10.64.

Диапазон сверхдлинных волн

10.51. Сигналы в диапазоне сверхдлинных волн передаются посредством отражения от поверхности земли и от нижней границы ионосферы. Сверхдлинные волны отражаются при столь

небольшом изменении плотности электронов, что они обычно не проникают в ионосферу дальше высоты, на которой плотность электронов достигает величины 10^3 эл/см^3. В этом случае можно считать, что волна распространяется в волноводе, границы которого — земля и слой атмосферы на такой высоте, где плотность электронов равна 10^3 эл/см^3. Благодаря этому имеется возможность осуществлять связь на расстоянии в несколько тысяч километров.

10.52. Так как сверхдлинные волны не проникают в ионосферу на значительную глубину, дополнительная ионизация, вызванная ядерным взрывом, не приводит к их заметному затуханию. Однако расстояние, которое проходит волна между передатчиком и приемником, зависит от высоты, на которой произошло отражение сигнала. Если плотность электронов быстро возрастает, отражение волны произойдет на более низкой высоте, и она пройдет меньшее расстояние между передатчиком и приемником. Это обусловливает фазовый сдвиг волны. Итак, наиболее заметное воздействие ядерного взрыва на системы, работающие в диапазоне сверхдлинных волн, будет проявляться в резком сдвиге сигнала по фазе в момент возмущений в ионосфере под влиянием взрыва. Затем, по мере того как ионосфера будет возвращаться в нормальное состояние, сдвиг также будет исчезать.

Длинноволновое гамма-излучение, а также бета-ионизация нейтронного распада могут изменить условия распространения волн рассматриваемого диапазона на очень больших расстояниях от места взрыва.

Так, после высотных взрывов «Тэк» и «Ориндж» сигналы на частоте 18,6 кгц от радиостанции ВМФ США в Сиэтле (штат Вашингтон), передававшиеся в Кембридж (штат Массачусетс), имели резкий сдвиг по фазе, достигающий 40°. При этом путь распространения сигнала находился на удалении примерно 5000 км от точки взрыва.

Диапазон длинных и средних волн

10.53. Для систем, работающих в диапазонах длинных и средних волн, обычно характерен другой тип распространения сигналов. Хотя и в этом случае сигнал может распространяться с помощью пространственных волн, которые многократно отражаются от земли и ионосферы, распространение сигнала все же считается ненадежным из-за его сильного поглощения.

Поверхностные волны несут сигнал вдоль поверхности земли, повторяя ее профиль (особенно в местах, где поверхность является хорошим проводником). При достаточной мощности передатчика можно использовать этот метод для связи на расстояниях более нескольких сотен километров.

Таким образом, высотный ядерный взрыв, изменяющий состояние ионосферы, может оказывать сильное воздействие на пространственные волны и никак не влиять на поверхностные волны, которые обычно и используются для связи в этих диапазонах.

Диапазон коротких волн

10.54. Диапазон коротких волн широко используется для дальней связи. Частоты этого диапазона достаточно высоки для обеспечения передачи информации с большой скоростью и в то же время еще достаточно низки, что обеспечивает их отражение от ионосферы. Короткие волны распространяются от передатчика к приемнику на расстояния от 800 до 8000 км, последовательно отражаясь от земли и ионосферы. Каждое отражение сопровождается потерей некоторого количества энергии, а поэтому удовлетворительная связь может быть осуществлена только в случае не более трех отражений от ионосферы.

Частоты нижней части диапазона (порядка 5 Мгц) отражаются от участка ионосферы (называемого обычно слоем E), имеющего плотность 10^5 эл/см^3. Частоты верхней части диапазона (около 20 Мгц) отражаются от участка с плотностью 10^6 эл/см^3 (слой F ионосферы).

10.55. Можно указать на два вида воздействия ионизации, возникающей вследствие ядерного взрыва на системы коротковолновой связи. Первый состоит в том, что сигнал, проходя слой D в области повышенной ионизации, подвергается сильному ослаблению (п. 10.97), вследствие чего связь нарушается.

Плотность электронов порядка 10^3 эл/см^3 обычно достаточна, чтобы воздействовать на распространение частот нижней части диапазона. Плотность электронов 10^4 эл/см^3 будет влиять на передачу частот верхней части рассматриваемого диапазона. На основании данных, приведенных ранее, можно сделать вывод о том, что взрывы на высотах менее 16 км не будут оказывать существенного влияния на связь в коротковолновом диапазоне.

Как видно из рис. 10.29, при взрывах мегатонной мощности, произведенных на высотах более 16 км, начального ядерного излучения и теплового рентгеновского излучения достаточно, чтобы прервать на короткий промежуток времени связь в этом диапазоне, если путь распространения сигнала пролегает вблизи от точки взрыва.

Например, взрыв мегатонной бомбы на высоте 80 км в дневное время окажет воздействие на коротковолновые линии, трассы которых проходят на расстояниях до 1000 км от точки взрыва. Согласно данным таблицы 10.46, для восстановления нормальной связи требуется от 1000 секунд (17 минут) до 10 000 секунд (3 часа), в зависимости от частоты сигнала.

10.56. Кроме начального излучения следует учитывать также и ионизацию, возникающую в результате запаздывающего ядер-

ного излучения. Из рис. 10.48а следует, что сигнал, распространяющийся на расстоянии 800 км от точки взрыва мегатонной бомбы (произведенного на высотах от 16 до 64 км), испытывает воздействие излучения от радиоактивного облака. В дневное время связь может быть нарушена в течение 5 часов после взрыва. Условия для прохождения сигнала, существующие до взрыва, не будут восстановлены в течение еще нескольких последующих часов.

Из рис. 10.48б видно, что при взрывах на высотах от 64 до 112 км на том же расстоянии между путем распространения сигнала и точкой взрыва (800 км) излучения радиоактивных облаков будут вызывать нарушения связи в течение 15 минут после момента взрыва и условия для связи не будут восстановлены в течение 10 часов и более. В ночное время плотность электронов уменьшается до 10^4 эл/см^3 через 1 час и до величины менее 10^3 эл/см^3 через 4 часа. Следовательно, восстановление условий для связи может произойти в пределах 1—4 часов.

Сравнение рис. 10.48а и 10.48б показывает, что воздействие запаздывающего ядерного излучения на работу средств связи при большой высоте взрыва будет иметь место на большей площади, но в течение меньшего промежутка времени. Нужно также иметь в виду, что при взрывах на высотах 64—112 км в каждом полушарии появляются две аналогичные области воздействия бета-частиц, в которых нарушается работа всех средств связи.

10.57. В дополнение к тем факторам, которые рассматривались выше, имеются еще и другие факторы, которые во всех случаях могут влиять на длительность нарушений связи в коротковолновом диапазоне.

К этим факторам относятся:

1) характеристики цепи связи, в частности запас рабочей мощности;

2) ионизация, вызываемая гамма-излучением продуктов взрыва;

3) ионизация на других высотах (кроме высоты слоя D);

4) различные аспекты распространения сигналов, например рефракция сигнала от слоев с различной плотностью электронов.

Несмотря на то что некоторые из этих факторов играют существенную роль и влияют на результаты расчетов, можно предположить, что по своему характеру эти воздействия аналогичны рассмотренным выше.

10.58. Особый характер воздействия ядерного взрыва на связь в коротковолновом диапазоне обусловлен возмущением ионосферы под воздействием гидродинамических явлений. Если возмущение ионосферы происходит вблизи одной из точек отражения сигнала коротковолновой системы связи, то можно ожидать нарушений связи. При взрывах на высотах свыше 64 км такое возмущение ионосферы можно ожидать, несмотря на низкую плотность

атмосферы. При взрывах на меньших высотах образуется ударная волна, которая распространяется радиально по всем направлениям от точки взрыва. Когда та часть ударной волны, которая распространяется кверху за пределы атмосферы, достигает высот, соответствующих слоям E и F, она проходит через воздух с такой низкой плотностью, что дальнейшее ее распространение может происходить с очень малыми потерями энергии.

Таким образом, хотя ударная волна и содержит небольшую долю энергии взрыва, она может распространяться на очень большие расстояния (возможно, на тысячи километров) при взрыве мегатонной мощности, перемещая с собой большое количество атмосферного воздуха в слои E и F. Это возмущение перемещается со скоростью около 3200 км/час. Для восстановления нормальной ионосферы требуется несколько часов. Если хотя бы одна из точек отражения сигнала коротковолновой системы окажется на расстоянии 1600 км от эпицентра взрыва мегатонной мощности на высоте от 64 до 112 км, возможно нарушение связи в течение часа или больше. Во время проведения экспериментальных взрывов «Тэк» и «Ориндж» наблюдалось много случаев нарушения распространения коротких волн. Например, прием сигнала на частоте 15 Мгц от станции сигналов точного времени на Гавайских островах, который производился в Хираисо (Япония), был нарушен на несколько часов после взрыва. В данном случае путь сигнала пролегал в пределах 960 км от места взрыва.

Распространение метровых волн

10.59. Сигналы метрового диапазона имеют достаточную проникающую способность и проходят через нормальную ионосферу. Этот диапазон частот в основном применяется для связи на коротких расстояниях в пределах прямой видимости, в частности для коммерческого телевидения и ЧМ радиопередач, но возможна и связь на дальние расстояния за счет рассеяния к земле небольшого количества переданной энергии от участков необычно высокой ионизации. Так называемые системы ионосферного рассеяния малоэффективны, так как в приемник попадает всего лишь незначительная часть энергии, излучаемой передатчиком. Тем не менее они находят некоторое применение, в частности из-за необходимости использования указанного электромагнитного диапазона.

10.60. Можно указать на два вида воздействия ядерного взрыва на системы ионосферного рассеяния. Повышенная плотность электронов приведет к увеличению той части сигнала, которая будет рассеяна, вследствие чего прием улучшится; с другой стороны, повышенная плотность электронов обусловит также и поглощение большей части энергии сигнала и, следовательно, ослабит его. Пока нет очевидных доказательств (по результатам испытаний ядерного оружия) взаимосвязи этих двух эффектов, но

теоретические исследования, а также наблюдения, сделанные во время естественных возмущений ионосферы, указывают, что эти два эффекта приблизительно уравновешивают друг друга.

10.61. Побочный эффект увеличения ионизации в ионосфере может оказаться важным для связи на больших расстояниях с использованием эффекта рассеяния. Передатчик и приемник обычно находятся на расстоянии 800—2400 км друг от друга, и рассеяние происходит от ионизированных участков на высоте около 96 км.

Если плотность электронов в слое D достигнет 10^4 эл/см^3, рассеяние будет иметь место на высотах порядка 64 км. Из-за кривизны земной поверхности сигнал, который достигает высоты всего в 64 км, вернется обратно на землю максимум на расстоянии около 2000 км от передатчика. Следовательно, связь на расстоянии больше чем 2000 км будет ограничена временем, в течение которого слой D имеет плотность 10^4 эл/см^3 и более. Расстояния и промежутки времени, в пределах которых эта плотность будет превышена, можно определить из рис. 10.48а и 10.48б.

Распространение дециметровых и сантиметровых волн

10.62. Распространение волн дециметрового и сантиметрового диапазона мало подвержено воздействию ионосферы с нормальной электронной плотностью. Эти волны используются для связи в пределах прямой видимости между наземными станциями, самолетными станциями, а также между наземными станциями и спутниками. Длина волны при частоте порядка 300 Мгц составляет один метр, и сигналы, имеющие такую длину волны, рассеиваются в атмосфере, что, возможно, обусловлено различной концентрацией водяных паров, взвешенными в воздухе частицами или другими свойствами воздуха. На рассеянии этих волн основывается система связи по принципу «тропосферного рассеяния». Эта система применяется для связи на расстояниях до 960 км вдоль поверхности земли. Ядерные взрывы, вызывающие возмущение ионосферы, не оказывают воздействия на работу таких систем и систем, предназначенных для связи в пределах прямой видимости. Работа этих систем может быть нарушена на короткое время в результате взрыва на поверхности земли или на небольшой высоте, который происходит в районе непосредственно между станциями, но длительность нарушений связи, возможно, будет измеряться несколькими секундами.

10.63. При осуществлении связи со спутниками в пределах прямой видимости ситуация изменяется, так как радиоволны должны пройти через ионосферу. Величина ослабления, обусловленная воздействием свободных электронов, для этих волн меньше, чем для волн коротковолнового диапазона. Поэтому можно предположить, что, если плотность электронов не превышает

10^7 эл/см^3, ядерный взрыв не окажет существенного воздействия на связь в этом диапазоне. Из таблицы 10.46 видно, что столь высокая плотность электронов будет существовать не более одной секунды, за исключением района непосредственно вблизи точки взрыва. Поэтому воздействие ядерного взрыва на связь между наземными станциями и спутниками не будет таким серьезным, как на другие рассмотренные выше системы связи.

Воздействие ядерных взрывов на работу радиолокационных систем

10.64. Радиолокационные системы подобны системам радиосвязи в том отношении, что передача и прием осуществляются при помощи электромагнитных волн. Однако в радиолокаторе приемник располагается вблизи передатчика, и для приема и передачи может применяться одна и та же направленная антенна. Излученный передатчиком сигнал, состоящий из ряда импульсов, частично отражается, подобно эху, обратно к приемнику от объектов на пути излученного сигнала. Зная направление излучения антенны и время прохождения сигнала до цели и обратно, можно получить информацию о местоположении и перемещении источника, отражающего сигнал. Обычно в такого рода системах применяются частоты метрового диапазона и выше. Как видно из анализа воздействия ядерных взрывов на связь, влияние их на сигналы в этом диапазоне частот незначительно, если и радиолокатор и цель находятся ниже ионосферы.

10.65. Однако если сигнал должен пройти сквозь слой ионосферы, то эффект ядерного взрыва может быть значительным. Сигналы радиолокаторов, пересекая ионосферу, будут затухать подобно обычным радиосигналам. Хотя любое дополнительное затухание нежелательно, допустимая величина меняется в широких пределах в зависимости от типа радиолокатора и целевого назначения системы. Например, в поисковых радиолокаторах, когда желательно обнаруживать каждую цель на самых больших расстояниях, т. е. когда отраженный от цели сигнал начинает выделяться в фоновом шуме, даже самые незначительные дополнительные потери сигнала обусловливают уменьшение радиуса обнаружения цели. С другой стороны, радиолокатор слежения или наведения обычно служит для перехвата уже обнаруженной цели, находящейся на расстоянии значительно меньшем, чем максимальное расстояние обнаружения. В этом случае сигнал может быть ослаблен в значительно большей степени, прежде чем радиолокатор потеряет способность захватывать цель или следить за ней.

10.66. Ослабление сигнала выражается в децибеллах (п. 10.76), где 1 дб соответствует уменьшению в силе сигнала приблизительно 0,8 от первоначального значения; 2 дб — около $(0,8)^2$, т. е. 0,64; 3 дб — $(0,8)^3$, т. е. 0,51; 10 дб — 0,1; 20 дб — 0,01; 30 дб —

0,001 от первоначальной величины и т. д. Для радиолокационной системы уменьшение мощности сигнала на 12 дб обусловливает уменьшение эффективной дальности в 2 раза.

10.67. Как указывалось выше в п. 10.25, в результате ядерного взрыва сигнал испытывает максимальное ослабление в пределах слоя толщиной 16 км на высоте около 72 км. В этой области, которая совпадает со слоем D нормальной ионосферы, плотность электронов порядка 1 эл/см^3 вызовет ослабление сигнала на частоте 10 Мгц примерно на $2,5\times10^{-5}$ дб/км пути. Для других величин плотности электронов и для более высоких частот сигнала ослабление прямо пропорционально плотности электронов и обратно пропорционально квадрату частоты сигнала. Для частот ниже 10 Мгц частотная зависимость усложняется. Данные о плотности электронов, представленные на рис. 10.29, 10.48а и 10.48б, могут быть, таким образом, применены для расчета ослабляющего воздействия ядерного взрыва на радиолокационные системы с рабочими частотами порядка 10 Мгц и выше.

10.68. Как пример расчета ослабления сигнала радиолокационной системы, рассмотрим случай слежения за целью с помощью радиолокационной станции, работающей на частоте 100 Мгц. Предположим, что цель находится выше слоя D через 1,5 часа после взрыва бомбы мегатонной мощности, произведенного в дневное время в диапазоне высот 16—64 км. Согласно рис. 48а в это время будет наблюдаться плотность электронов порядка $5\cdot10^5$ эл/см^3 в слое D в пределах 240-км радиуса от точки взрыва. Если сигнал радиолокатора проходит сквозь этот слой, он ослабится. Для сигнала на частоте 10 Мгц при плотности 1 эл/см^3 ослабление будет равно $2,5\cdot10^{-5}$ дб/км. Чтобы определить ослабление для частоты в 10 раз большей, эта величина должна быть разделена на 10^2. Следовательно, для плотности электронов $5\cdot10^5$ и частоты 100 Мгц ослабление равно $2,5\cdot10^{-5}\times5\cdot10^5/10^2=0,125$ дб/км. Так как слой имеет толщину 16 км, то радиолокационный сигнал, проходящий сквозь этот слой и возвращающийся назад в вертикальном направлении, будет проходить расстояние 32 км внутри ослабляющего слоя, вследствие чего полное ослабление сигнала, проходящего в вертикальном направлении, должно быть $32\times0,125=4$ дб.

10.69. Если направление сигнала образует с вертикалью угол θ, то расстояние, проходимое сигналом внутри ослабляющего слоя, будет увеличиваться на величину коэффициента, равного $1/\cos\theta$, т. е. на величину $\sec\theta$, и ослабление в децибелах рассчитывается путем умножения значения для вертикального сигнала на этот коэффициент. Например, если луч радиолокатора отклонен на 80° от вертикального направления, то поправочный коэффициент равен 1/cos 80°, т. е. приблизительно 6. Следовательно, общее ослабление должно быть $6\times4=24$ дб.

10.70. Во многих случаях рефракция радиолокационного луча в результате изменений плотности электронов может играть столь

же важную роль, как и его ослабление. На рис. 10.70 приведен график величин рефракции при прохождении луча радиолокатора, работающего на частоте 100 Мгц, через область изменения плотности электронов на 10^6 эл/см^3. Величина отклонения прямо пропорциональна изменению плотности электронов и обратно пропорциональна квадрату частоты сигнала. Следовательно, этот график можно применить в случае других величин изменений плотности электронов и других частот сигналов. Однако

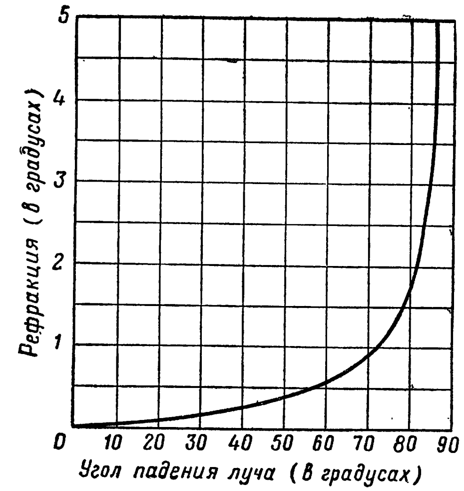


Рис. 10.70. Зависимость рефракции луча радиолокационной станции, работающей на частоте 100 Мгц, от угла падения при изменении плотности электронов на величину 10^6 эл/см^3

ко он может применяться только для частот больше 10 Мгц и углов рефракции меньше 5°. Поскольку плотность электронов ниже слоя D по существу равна нулю, то график рис. 10.70 будет давать приблизительную оценку величины преломления, претерпеваемого сигналом радиолокатора, входящим в слой D снизу. Например, если плотность электронов в слое D равна 10^6 эл/см^3 и если луч радиолокатора, работающего на частоте 100 Мгц, входил под углом 70° (т. е. угол между направлением луча и вертикальным направлением составляет 70°), то преломление должно быть около 0,8°.

10.71. При некоторых больших углах падения луча θ будет иметь место отражение сигнала и радиолокационный сигнал будет возвращаться назад, не проходя через ослабляющий слой. Значения угла θ для различных величин плотности электронов и частот сигналов приведены на рис. 10.71. Этот график вместе с графиками на рис. 10.29 и 10.48а и 10.48б может быть применен для определения того, будет ли луч радиолокаторов претерпе-

вать полное отражение при некоторых условиях, связанных с взрывом 1-мегатонной бомбы на большой высоте.

10.72. Другие нарушения в распространении радиолокационных сигналов могут иметь место в результате ионизации, возникающей при ядерном взрыве. Эта ионизация, как правило, приобретает неоднородный характер и распространяется по каналам различной плотности вдоль направления силовых линий магнит-

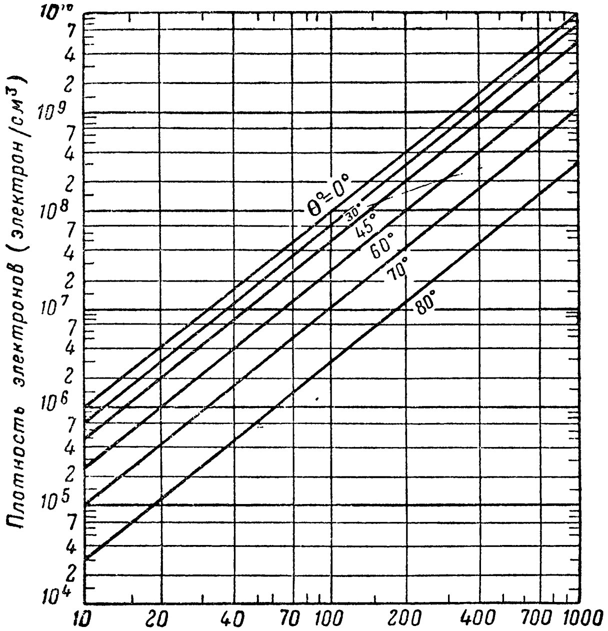


Рис. 10.71. Зависимость углов падения, при которых происходит отражение луча радиолокационной станции, от частоты сигнала и плотности электронов

ного поля Земли. Неоднородность ионизации служит причиной возникновения помех в распространении луча радиолокатора, вызывая явления, подобные мерцанию звезд, беспорядочному отражению от местных предметов или ложному отражению от ионизированных участков. Однако эти явления недостаточно изучены, вследствие чего количественный расчет их не представляется возможным.

Воздействие наземных и подземных взрывов на распространение радиоволн

10.73. Как уже отмечалось, взрывы на высотах ниже 16 км не вызывают значительной и продолжительной ионизации и, следовательно, не оказывают серьезного воздействия на радио- или радиолокационные системы. При наземных, подземных и подводных взрывах частицы твердых веществ или воды, выбрасываемые в атмосферу, могут обусловить некоторые нарушения распространения радиоволн. Частицы пыли, осколки бомбы, водяные капли или кристаллы льда в облаках, образующихся при взрыве, могут явиться отражателями электромагнитных волн. Частица представляет собой эффективный отражатель электромагнитной волны, если ее размеры до некоторой степени сравнимы с длиной волны. Большинство частиц очень малы (1 мм и менее в диаметре), между тем как самые короткие длины волн для обычных радиолокаторов (работающих в диапазонах X и K) равны 1—6 см. Однако на первых стадиях развития взрыва имеется достаточное количество частиц соответствующих размеров, которые отражают сигналы радиолокаторов, работающих в диапазонах волн X и K. Такие условия могут сохраняться в течение нескольких минут или часов, в зависимости от мощности взрыва, природы частиц, выброшенных взрывом, и скорости, с которой облако рассеивается в атмосфере. Вследствие малого размера частиц работа средств радиосвязи и радиолокации в диапазоне более низких частот не будет нарушаться.

РАСЧЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА РАБОТУ РАДИО- И РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

Плотность атмосферы и высота

10.74. Плотность атмосферы, начиная с поверхности земли до высоты порядка 130 км, может быть представлена с достаточной точностью формулой

$$\rho \approx \rho_0 e^{-z/6,9}, \qquad (10.74.1)$$

где ρ_0 — плотность воздуха на уровне моря;
ρ — значение плотности (в тех же единицах) на высоте z километров.

Для больших значений высоты плотность уменьшается несколько медленнее, чем следует из формулы (10.74.1), однако, поскольку высоты ниже 130 км представляют наибольший интерес при рассмотрении настоящего вопроса, в дальнейшем будет применяться эта экспоненциальная зависимость.

10.75. Из уравнения (10.74.1) следует, что при увеличении высоты на 6,9 км плотность воздуха уменьшается в e раз (в 2,72 раза).

Из той же формулы, написанной в другом виде,

$$\rho \approx \rho_0 10^{-z/16},$$

видно, что при изменении высоты на 16 км плотность воздуха уменьшается примерно в 10 раз.

Таким образом, любой параметр атмосферы, пропорциональный плотности воздуха, также изменяется на один порядок при изменении высоты на 16 км.

Затухание сигнала

10.76. Затухание электромагнитных (или других) сигналов определяется из следующего уравнения:

$$\text{Затухание} = 10 \log \frac{P_{\text{нач}}}{P_{\text{кон}}} \text{ дб},$$

где $P_{\text{нач}}$ — мощность сигнала до затухания;

$P_{\text{кон}}$ — мощность после затухания.

Если электромагнитный сигнал распространяется в ионизированной среде, то затухание A, выраженное в децибелах на километр пути, равно:

$$A = \frac{1{,}8 \cdot 10^4 N \nu}{\omega^2 + \nu^2}, \tag{10.76.1}$$

где N — плотность электронов, равная числу электронов в кубическом сантиметре;

ν — число столкновений в секунду электрона с ионами или атомами среды;

ω — угловая частота волны, выраженная в радианах в секунду.

Из уравнения (10.76.1) следует, что если частота столкновений ν мала, то при фиксированном значении частоты величина A будет мала, поскольку ν находится в числителе. С другой стороны, если ν очень велико, A опять будет очень мало, поскольку в знаменателе стоит ν^2. Таким образом, затухание должно проходить через максимум при некотором частном значении частоты столкновений.

10.77. Поскольку частота столкновений пропорциональна плотности воздуха, то она должна экспоненциально уменьшаться с высотой. Таким образом, следует ожидать, что значения ν, при которых затухание сигнала окажется значительным, будут иметь место в относительно узком диапазоне высоты. Теоретическое исследование действительно показывает, что затухание проявляется в основном в пределах 16-км полосы с центром, расположенным примерно на высоте 72 км. Дополнительно было найдено, что наибольшая плотность электронов, сопровождающая ядерный взрыв, возникает на этих же высотах. Кроме того, ограничиваясь изучением условий только вблизи высоты 72 км, можно избежать сложности в анализе и в то же время дать достаточно точную картину воздействия взрыва на электромагнитные сигналы.

Плотность электронов, обусловленная начальным излучением

10.78. Расчет плотности электронов, возникающих вследствие гамма-излучения на заданном расстоянии от ядерного взрыва, может быть произведен по формуле 10.78.1; при этом ядерный взрыв рассматривается как точечный источник, энергия которого, поглощаясь, ослабевает с расстоянием по экспоненциальному закону.

Пусть W в килотоннах — полная энергия, выделяемая при взрыве, и k — та часть ее, которая расходуется на начальное гамма-излучение, тогда E — энергия гамма-лучей, приходящая в заданную точку на расстоянии (наклонная дальность) D от точки взрыва, равна

$$E = \frac{kW}{4\pi R^2} e^{-\bar{\mu} D}, \tag{10.78.1}$$

где E — энергия в килотоннах на единицу площади;

$\bar{\mu}$ — эффективный (или средний) линейный коэффициент поглощения вдоль пути распространения излучения.

10.79. Средний коэффициент $\bar{\mu}$ может быть выражен через линейный коэффициент поглощения μ в любой точке, находящейся на расстоянии D' от взрыва, с помощью выражения

$$\bar{\mu} = \frac{1}{D} \int_0^D \mu \, dD'. \tag{10.79.1}$$

Массовый коэффициент поглощения μ_m равен μ, деленному на плотность воздуха, откуда

$$\mu = \mu_m \rho.$$

Подставляя это значение вместе с уравнением (10.74.1) в уравнение (10.79.1), получим

$$\bar{\mu} = \frac{\mu_m \rho_0}{D} \int_0^D e^{-z/6,9} \, dD'. \tag{10.79.2}$$

Если взрыв возникает на высоте H_0 и H — высота точки наблюдения на расстоянии D (наклонная дальность) от взрыва, то после замены переменных в уравнении (10.79.2) получим

$$\bar{\mu} = \frac{\mu_m \rho_0}{H - H_0} \int_{H_0}^{H} e^{-z/6,9} \, dz.$$

Заметим, что формула не изменяется, если H больше или меньше H_0.

Заменяя $\mu_m \rho_0$ через эквивалентное значение линейного коэффициента поглощения μ_0 на уровне моря, получим после интегрирования

$$\bar{\mu} = \frac{6{,}9\mu_0}{H - H_0}\left(e^{-H_0/6{,}9} - e^{-H/6{,}9}\right). \qquad (10.79.3)$$

10.80. Энергия гамма-лучей, поглощаемая в единице объема воздуха в рассматриваемой точке на высоте H, равна $E\mu$, где E выражается через уравнение (10.78.1) и μ — коэффициент поглощения[1] на высоте H. Как было показано выше, μ может быть написано в виде $\mu_m \rho$ и ρ может быть выражено через ρ_0 с помощью уравнения (10.74.1), откуда энергия, поглощаемая в единице объема, равна:

$$E\mu_m \rho_0 e^{-H/6{,}9} = E\mu_0 e^{-H/6{,}9},$$

где E выражено в килотоннах на единицу площади (уравнение (10.78.1). Подставляя значение из уравнений (10.78.1) и (10.79.3), получим

$$N = \frac{6{,}2 \cdot 10^{28} \mu_0 k W}{D^2} e^{-(x + H/6{,}9)}, \qquad (10.80.1)$$

где

$$x = \left[\frac{6{,}9\mu_0 D}{H - H_0} \cdot \left(e^{-H_0/6{,}9} - e^{-H/6{,}9}\right)\right].$$

В уравнении (10.80.1) H_0 и H выражены в километрах, W — в килотоннах, μ_0 в $см^{-1}$, D в сантиметрах, значение N выражается числом электронов в кубическом сантиметре. Для начального гамма-излучения длина релаксации λ, эквивалентная $1/\mu_0$, примерно равна 293 м при плотности воздуха, соответствующей плотности на уровне моря; откуда μ_0 близко к $3{,}0 \cdot 10^{-5} см^{-1}$.

Энергия начального гамма-излучения при взрыве бомбы равна примерно 0,03% от величины полной энергии взрыва. Отсюда k равно $3 \cdot 10^{-4}$. Следовательно, мы имеем теперь все данные для подсчета с помощью формулы (10.80.1) плотности электронов, создаваемых начальным гамма-излучением.

10.81. В принципе уравнение (10.80.1) можно применить также и для расчета плотности электронов, создаваемых нейтронами, присутствующими в начальном излучении. Однако положение при этом по ряду причин оказывается несколько более сложным. Во-первых, часть общей энергии, проявляющейся в виде энергии вылетающих нейтронов, меняется в широких пределах, в зависимости от назначения и конструкции ядерной бомбы. Далее,

[1] Поскольку фотоны гамма-лучей в основном поглощаются в атмосфере, здесь используется коэффициент μ вместо обычно применяемого коэффициента поглощения энергии.

нейтроны ионизируют воздух в результате ряда косвенных процессов, характер которых меняется с высотой.

Однако поскольку средний свободный пробег нейтрона на уровне моря мало отличается от соответствующего пробега начального гамма-излучения и поскольку конечный результат нейтронных процессов проявляется также в ионизации, то можно следующим образом определить весьма приближенную величину возникающей плотности электронов. Как известно, количество энер-

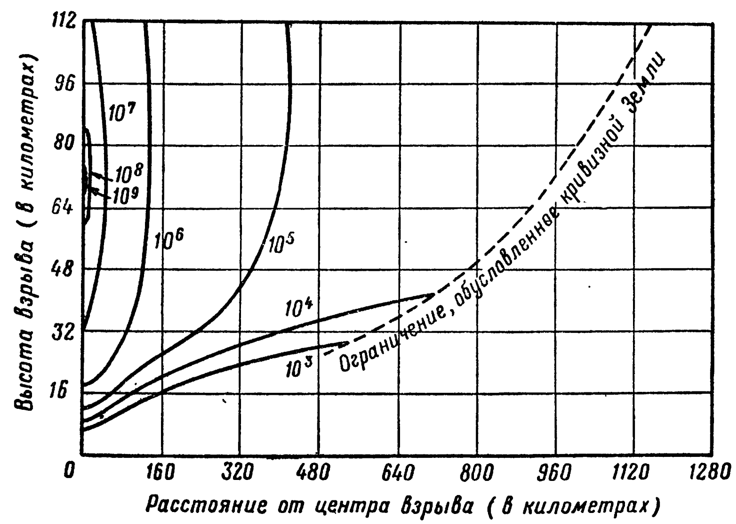


Рис. 10.82. Расчетная плотность электронов на высоте 72 км, обусловленная начальным ядерным излучением взрыва мощностью в 1 мегатонну на различных высотах в зависимости от расстояния

гии, переносимой потоком нейтронов, образующимся при взрыве ядерной бомбы, может быть в 1—40 раз больше, чем энергия начального гамма-излучения. Для того чтобы произвести расчет порядка величин, предположим, что плотность электронов, создаваемая совместно гамма-излучением и нейтронами, содержащимися в начальном ядерном излучении, в 10 раз больше, чем от одного лишь гамма-излучения.

10.82. Определив по формуле (10.80.1) плотность электронов, создаваемых гамма-излучением, и умножив результат на 10, мы получим значения плотностей электронов, использованные при построении кривых на рис. 10.82.

Эти кривые дают приближенные значения плотности электронов, обусловленной начальным ядерным излучением (на различных расстояниях по горизонтали и на высоте (H) 72 км) от взрывов 1-мегатонной бомбы на различных высотах (H_0). Пунктирная

линия показывает, где кривизна Земли препятствует проникновению ядерного излучения на высоту 72 км[1].

10.83. Для больших высот, где тепловое рентгеновское излучение характеризуется достаточно большими значениями среднего свободного пробега (длины релаксации), плотность электронов можно также подсчитать по формуле (10.80.1). Тепловое рентгеновское излучение перекрывает широкую полосу частот (или длин волн), поэтому для него не существует единственного значения длины релаксации (или коэффициента поглощения), поскольку эти величины зависят от энергии фотонов (формула 7.84.1).

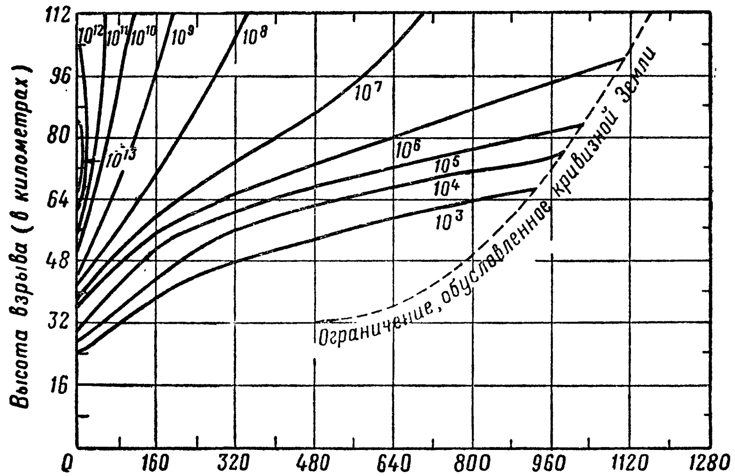


Рис. 10.83. Расчетная плотность электронов на высоте 72 км, обусловленная тепловым рентгеновским излучением от взрыва мощностью в 1 мегатонну на различных высотах, в зависимости от расстояния

Для расчета величины ионизации, создаваемой тепловыми рентгеновскими лучами, предположим, что температура равна 10^7 градусов Кельвина. Распределение мощности излучения в зависимости от длины волны (или энергии фотонов) можно определить по графику, приведенному на рис. 7.79. Теперь разделим фотоны, соответствующие всему спектру, на пять энергетических групп и для каждой из них по уравнению (7.84.1) определим среднюю длину свободного пробега. Применим уравнение (10.80.1) в отдельности к каждой группе и полученные результаты сложим; примем значение k равным 0,67, иначе говоря, положим, что две

[1] Подсчет производился с помощью модели «плоской земли», но с учетом того, что кривизна Земли ограничивает горизонтальную дальность. Предполагалось, что начальное ядерное излучение не может проникнуть ниже, чем на 24 км в атмосферу.

трети энергии взрыва расходуется на создание теплового излучения, способного вызвать ионизацию воздуха.

По полученным таким образом данным построены кривые рис. 10.83 для плотности электронов, создаваемой на высоте 72 км рентгеновским излучением при взрыве 1-мегатонной бомбы[1].

10.84. Кривые рис. 10.29 были получены в результате суммирования данных рис. 10.82 и 10.83. Таким образом, они дают значения плотности электронов, которую можно ожидать на высоте 72 км при учете всех ионизирующих излучений, вызванных взрывом бомбы мощностью в 1 Мт на разных высотах. Сравнение кривых на трех рисунках показывает, что при взрывах ниже 64 км основной причиной ионизации является начальное ядерное излучение, однако на больших высотах почти все электроны создаются тепловым рентгеновским излучением.

Скорость поглощения свободных электронов при прилипании их к нейтральным частицам или рекомбинации

10.85. Поглощение электронов происходит либо при прилипании их к нейтральным атомам и молекулам, либо при рекомбинации с положительными ионами. Днем основное значение имеет процесс рекомбинации; солнечный свет содействует удалению электрона сразу после его прилипания к нейтральной частице. Скорость рекомбинации пропорциональна плотности электронов (N) и ионов (N_i), т. е. скорость рекомбинации равна

$$\alpha N N_i, \qquad (10.85.1)$$

где α — коэффициент пропорциональности, названный «коэффициентом рекомбинации». Число электронов и положительных ионов в единице объема примерно одинаково, так как атмосфера в целом электрически нейтральна. Следовательно, N_i равно N и формулу (10.85.1) можно записать следующим образом:

$$\alpha N^2. \qquad (10.85.2)$$

Для нормальной ионосферы, например на высоте около 72 км, α приблизительно равно 10^{-7} сек$^{-1}$ см$^{-3}$, тогда число рекомбинаций в кубическом сантиметре за секунду будет выражаться формулой

$$10^{-7} N^2. \qquad (10.85.3)$$

10.86. В ночное время основное значение приобретает процесс прилипания электронов к нейтральным частицам. Скорость при-

[1] Была использована такая же модель, как в случае начального ядерного излучения, за исключением того, что граничное расстояние, обусловленное кривизной Земли, вычислялось для высоты не 24, а 32 км, поскольку тепловые рентгеновские лучи сильнее поглощаются атмосферой.

липания пропорциональна плотностям электронов (N) и нейтральных частиц (N_n) и, следовательно, равна

$$\beta N N_n,$$

где β — коэффициент прилипания. На высоте 72 км β имеет значение порядка 10^{-16} сек$^{-1}$, см$^{-3}$.

На этой высоте в одном кубическом сантиметре находится примерно $1{,}6 \cdot 10^{15}$ нейтральных частиц, так что ночью скорость прилипания электронов, выраженная числом прилипания в 1 см^3 за 1 секунду, будет равна

$$10^{-16} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{15} N = 0{,}16N. \qquad (10.86.1)$$

Сравнение этого выражения с формулой (10.85.3) показывает, что ночью в основном происходит прилипание электронов к нейтральным частицам, если N меньше $1{,}6 \cdot 10^6$ эл/см^3. Однако при N больше этой величины преобладает рекомбинация. Следовательно, при плотностях электронов больше $1{,}6 \cdot 10^6$ уравнение (10.85.3) может быть использовано как для дневных, так и для ночных условий.

10.87. Если в момент ядерного взрыва плотность электронов, возникшая под действием начального ядерного и теплового рентгеновского излучений, равна N_0 и если дальнейшей ионизации не происходит, то из выражения (10.85.3) следует, что плотность электронов N по прошествии t секунд после взрыва будет равна

$$N = \frac{N_0}{1 + 10^{-7} N_0 t}. \qquad (10.87.1)$$

Это выражение применимо, если нет дополнительной ионизации, причем N_0 — плотность электронов в некоторый начальный момент времени. Если N_0 очень велико, например больше 10^8, то при времени, равном 1 секунде или более, единицей в знаменателе можно пренебречь, так что

$$N \approx 10^7 t^{-1}.$$

По истечении одной секунды, следовательно, т. е. когда $t=1$, плотность электронов падает до 10^7 эл/см^3, независимо от того, как велико было ее первоначальное значение. Кроме того, из уравнения (10.87.1) следует, что днем для уменьшения плотности электронов от 10^7 до 10^6 требуется 10 секунд; от 10^5 до 10^4 — 100 секунд и т. д. Эти величины приведены в таблице 10.46.

10.88. Результаты, полученные выше для дневных условий, применимы и для ночного времени, если первоначальная плотность электронов больше $1{,}6 \cdot 10^6$. При более низких значениях плотностей должно быть использовано уравнение (10.86.1). Плотность электронов ночью в любое время тогда определится как

$$N = N_0 e^{-0{,}16t} \approx N_0 10^{-0{,}070t},$$

Эта формула показывает, что ночью, после того как плотность электронов упала до $1{,}6 \cdot 10^6$, она начинает уменьшаться в e раз каждые 6 секунд или в 10 раз приблизительно каждые 15 секунд. Таким образом, ночью плотность электронов падает от своего первоначального высокого значения до 10^7 за первую секунду (в соответствии с формулой для дневных условий), потом до 10^6 примерно через 10 секунд и затем уменьшается в 10 раз каждые 15 секунд, как показано в таблице 10.46.

Плотность электронов, образовавшихся под действием запаздывающего излучения

10.89. Через час после ядерного взрыва общая активность бета-излучения оценивается величиной порядка 400 бета-мегакюри на килотонну энергии деления взрыва, и, поскольку 1 бета-мегакюри соответствует $3{,}7 \cdot 10^{16}$ расп/сек, скорость излучения бета-частиц равна $1{,}5 \cdot 10^{19}$ сек$^{-1} \cdot$ кт$^{-1}$.

Если для спада активности продуктов взрыва справедлив закон $t^{-1,2}$, то при ядерном взрыве мощностью в W килотонн скорость излучения бета-частиц в секунду равна

$$1{,}5 \cdot 10^{19} W t^{-1,2}, \qquad (10.89.1)$$

где t — время после взрыва в часах.

Среднюю энергию частицы можно полагать равной 1 Мэв, т. е. 10^6 эв, и так как для образования в атмосфере одной пары — одного электрона и одного положительного иона — требуется 34 эв, то скорость образования свободных электронов равна

$$4{,}4 \cdot 10^{23} \cdot W t^{-1,2}. \qquad (10.89.2)$$

Энергия остаточного гамма-излучения, возникающего под воздействием продуктов взрыва, приблизительно равна энергии бета-частиц, и, если считать, что закон спада активности $t^{-1,2}$ справедлив, скорость образования свободных электронов под воздействием гамма-лучей также приблизительно определяется уравнением (10.89.2).

10.90. Действительные величины плотности электронов зависят от того, где образуются свободные электроны и как долго они остаются свободными. Если от какого-то стабильного источника объемом в 1 см^3 за секунду образуется S электронов, то плотность электронов будет увеличиваться до тех пор, пока скорость поглощения (например, при рекомбинации в дневное время) не будет равна скорости образования электронов; далее значение ее не будет меняться.

Таким образом, используя уравнение (10.85.2) для скорости рекомбинации, найдем, что днем

$$S = \alpha N^2,$$

где N — установившаяся плотность электронов.

10.91. В п. 10.38 было показано, что, когда радиоактивное облако находится на высоте более 72 км, ионизация в основном происходит в слое толщиной 16 км, расположенном по обе стороны от этой высоты, в двух сопряженных областях. Если эти области представляют собой круги с радиусами R километров, так что площадь каждого равна πR^2, то скорость образования свободных электронов при ионизации под воздействием бета-излучения можно определить из уравнения (10.89.2), т. е.

$$S = \frac{4{,}4 \cdot 10^{23} \cdot Wt^{-1{,}2}}{10\pi R^2 (1{,}6 \cdot 10^5)^3} = \alpha N^2.$$

Так как α равно 10^{-7}, то для одного сопряженного объема

$$N \approx 4 \cdot 10^6 \left(\frac{W}{R^2 t^{1{,}2}}\right)^{1/2} \text{ эл/см}^3. \qquad (10.91.1)$$

Это соотношение определяет плотность свободных электронов, образовавшихся на высоте 72 км под действием запаздывающего бета-излучения через t часов после ядерного взрыва мощностью W килотонн, если продукты деления распространяются равномерно по площади круга радиусом R километров. Уравнение применимо как для дневных, так и ночных условий, если в последнем случае плотность электронов превышает $1{,}6 \cdot 10^6$.

10.92. Если ночью плотность электронов меньше $1{,}6 \cdot 10^6$, то, как показывает уравнение (10.86.1), уменьшение скорости образования электронов происходит за счет прилипания электронов к нейтральным частицам. Для тех же условий, что и выше, полагая S равным $0{,}16\ N$, получаем, что постоянная плотность электронов составит:

$$N \approx 10^7 \frac{W}{R^2 t^{1{,}2}} \text{ эл/см}^3, \qquad (10.92.1)$$

где t — в часах. Ночью электроны поглощаются и образуются отрицательные ионы, а после восхода солнца под действием света электроны отрываются от этих ионов и плотность электронов быстро растет до значения, соответствующего дневным условиям и определяемого выражением (10.91.1).

10.93. Если число излучаемых частиц не изменяется заметно по величине в данной области, то из уравнений (10.91.1) и (10.92.1) получим соотношение для плотности электронов в моменты времени несколько раньше и несколько позже восхода солнца

$$N_д \approx 1{,}3 \cdot 10^3 \sqrt{N_H}$$

при $N_Н$ меньше $1{,}6 \cdot 10^6$ эл/см^3 в момент восхода. Отсюда видно, что в этих условиях $N_д$ больше $N_Н$, в результате чего плотность электронов после восхода солнца будет увеличиваться. Этот эффект наблюдался при взрывах «Тэк» и «Ориндж», произведенных на больших высотах. Если перед восходом солнца плотность

электронов больше $1{,}6 \cdot 10^6$, то после восхода она увеличивается лишь незначительно.

10.94. Чтобы использовать уравнения (10.91.1) и (10.92.1) для вычисления стационарных плотностей электронов, образуемых под воздействием бета-частиц в радиоактивном облаке, в котором, как предполагается, продукты взрыва должны распределяться равномерно, необходимо знать радиус R областей ионизации. Определение его величины требует знания процессов, происходящих в то время, когда облако поднимается и распространяется в горизонтальном направлении. Так как об этих процессах известно немного, для расчетов будет использована примерная модель взрыва на большой высоте.

Считая, что при взрыве бомбы мегатонной мощности на высоте от 24 до 64 км облако поднимается на 32 км выше высоты взрыва (п.10.31) и что его радиус увеличивается со скоростью 160 км/час, радиус в километрах в любое время t после взрыва определяется из уравнения

$$R = 160t.$$

С помощью этой модели можно вычислить радиус для любого времени и полученное значение подставить в уравнения (10.91.1) и (10.92.1) для определения плотности электронов в любое время суток. Таким путем были получены данные для кривых на рис. 10.48а при рассмотрении ядерного взрыва мощностью в 1 Мт.

10.95. Считается, что при взрыве мощностью 1 Мт на высоте от 64 до 112 км облако поднимается до высоты более 160 км и затем опускается до 136 км в течение нескольких минут. Полагают также, что скорость увеличения радиуса облака составляет 3200 км/час в первые 30 минут после взрыва и 160 км/час в последующее время. Таким образом, R в километрах выражается уравнением

$$R = 3200t \text{ при } t \leqslant 0{,}5 \text{ часа}$$

$$R = 1520 + 160t \text{ при } t > 0{,}5 \text{ часа.}$$

Эти значения были использованы для расчета графика на рис. 10.48б.

Затухание сигналов

10.96. При использовании данных, приведенных на рис. 10.29, и уравнения (10.76.1) можно вычислить величину затухания электромагнитных сигналов различных частот, обусловленного ядерным взрывом мощностью в 1 Мт. Для высоты 72 км частота соударений ν равна приблизительно $6 \cdot 10^6$ в секунду. Для радиочастот выше 5 Мгц величина ω^2 значительно больше ν^2, так что уравнение (10.76.1) можно преобразовать

$$A = 2{,}5 \cdot 10^{-8} \frac{N}{f^2} \text{ дб/км},$$

где f — частота в мегагерцах ($10^{-6}\omega/2\pi$).

Если волна образует угол θ с вертикалью и пересекает слой толщиной 16 км, полное затухание будет определяться уравнением

$$A = 2{,}5 \cdot 10^{-2} \frac{N}{f^2} \sec \theta \text{ дб.} \qquad (10.96.1)$$

Результаты расчетов по уравнению (10.96.1) представлены графически на рис. 10.96, который показывает затухание сигнала в децибелах в зависимости от частоты для нескольких значений

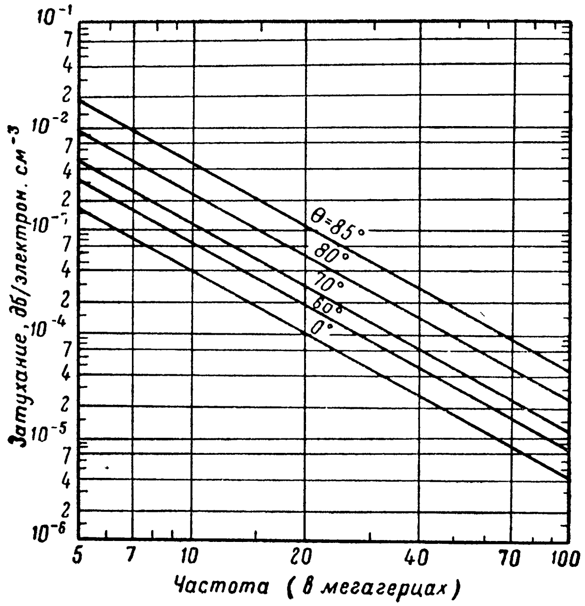


Рис. 10.96. Зависимость затухания сигнала от частоты для различных значений угла падения луча

угла θ и плотности электронов в 1 эл/см^3. Затухание в любом отдельном случае может быть получено путем умножения на действительную плотность N, как видно из рис. 10.29.

10.97. Для работающих коротковолновых линий связи $\sec \theta$ составляет около 5 при нормальных условиях. Таким образом, из уравнения (10.96.1) следует, что для частоты 5 Мгц плотность электронов, составляющая приблизительно $5 \cdot 10^3$ эл/см^3, обусловит затухание сигнала на величину примерно 40 дб. При частоте 20 Мгц для получения такого же затухания необходима плотность электронов порядка 10^5. Такие плотности можно принять за параметры величин, определяющих вывод из строя коротковолновых линий связи (п. 10.55).

Преломление радиоволн

10.98. Показатель преломления n среды при отсутствии ионизации связан с плотностью свободных электронов N соударений формулой

$$n = \left(1 - \frac{Ne^2}{\pi m f^2}\right)^{1/2}, \qquad (10.98.1)$$

где e — заряд (в электростатических единицах);
m — масса электронов (в граммах);
f — частота (в герцах). Подставляя цифровые значения e и m и выражая f в мегагерцах, найдем, что

$$n = \left(1 - \frac{0{,}8N}{10^4 f^2}\right)^{1/2} \qquad (10.98.2)$$

или, поскольку точные значения величины плотности электронов неизвестны,

$$n \approx \left(1 - \frac{N}{10^4 f^2}\right)^{1/2}. \qquad (10.98.3)$$

Если в среде имеется значительное количество нейтральных частиц, с которыми электроны могут прийти в соударение, частота соударений ν вводится в формулу для показателя преломления в виде комплексного числа. Однако, если угловая частота ω больше ν, последней можно пренебречь.

10.99. На высоте 72 км, где $\nu = 6 \cdot 10^6$ в сек, формулу для показателя преломления можно использовать для частот более 10 Мгц. Для более низких частот результаты расчета могут иметь серьезные погрешности. Кроме того, если плотность электронов превышает 10^9, частота соударений может стать значительно больше величины, указанной выше, и уравнения (10.98.2) и (10.98.3) нельзя уже использовать для расчетов.

10.100. Если электромагнитная волна пересекает плоскую поверхность раздела, где показатель преломления изменяется от 1 до n, то искривление луча выразится величиной, определяемой известной формулой Снелла:

$$\frac{\sin \theta}{\sin r} = n, \qquad (10.100.1)$$

где θ — угол падения, а r — угол преломления. При прохождении луча из нижних слоев атмосферы, где, по существу, нет свободных электронов, в слой D, в котором плотность электронов равна N, искривление луча можно рассчитать с помощью уравнения (10.98.3), что позволяет определить показатель преломления. Эта методика расчета справедлива только при условии, что существует единственная и резко выраженная поверхность раздела, где плотность электронов меняется. Однако даже в том случае, если изме-

нение плотности происходит постепенно, а не внезапно, этот метод может быть использован для расчета приближенного значения величины искривления луча.

10.101. Так как r не может быть больше единицы, то из уравнения (10.100.1) следует, что преломление происходит при $\sin\theta$, равном или большем n. Значения угла падения θ для критической величины отражения при различных значениях N и f определяются из графика рис. 10.71. Если N менее $10^3 f^2$, уравнения (10.98.2) и (10.100.1) с достаточной степенью приближения могут быть написаны в виде

$$\Delta\theta \approx 3\cdot 10^{-3}\cdot \frac{N \operatorname{tg}\theta}{f^2},$$

где $\Delta\theta$ — угловое отклонение луча (в градусах) при изменении плотности электронов от нуля до N.

Если луч проходит через ионизированный слой толщиной 16 км в область, где плотностью электронов можно пренебречь, то сигнал снова будет распространяться в первоначальном направлении, однако его траектория будет смещена по горизонтали на расстояние, величина которого приблизительно определяется уравнением

$$\text{Смещение} \approx \frac{1{,}6 N \sin\theta}{2\cdot 10^3 f^2 \cos^2\theta}\ \text{км}.$$

ГЛАВА 11

ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА НА ЛЮДЕЙ

ВВЕДЕНИЕ

Виды поражений

11.01. Все три основных поражающих фактора ядерного взрыва: ударная волна, световое излучение и ядерное излучение способны нанести повреждения незащищенным людям и стать причиной смерти. Поражения ударной волной могут быть или непосредственными или косвенными; первые обусловлены действием высокого давления в фазе сжатия, а вторые — поражением летящими предметами. При любом заданном избыточном давлении ударная волна ядерного взрыва отличается от ударной волны обычного взрыва большей эффективностью непосредственного действия, поскольку с точки зрения действия на человеческий организм, как это будет показано ниже, важна продолжительность фазы сжатия, а последняя в случае ядерного взрыва сравнительно велика. Поражения от косвенного воздействия ударной волны при ядерном взрыве и при взрыве обычной бомбы, вообще говоря, аналогичны, особенно в отношении поражений летящими предметами. Но из-за большей продолжительности воздействия ударной волны ядерного взрыва те же поражения летящими предметами достигаются при меньших значениях избыточного давления, чем в случае обычного взрыва.

11.02. Особенно велико при ядерном взрыве количество ожогов. В основном это световые ожоги, которые вызваны непосредственно световым излучением, хотя в результате распространения пожаров встречались и случаи ожога пламенем. Кроме того, около эпицентра люди могут получить ожоги от горячих газов и пыли, проникающих даже в те помещения, которые удовлетворительно защищены от непосредственного или рассеянного светового излучения. В заключение следует отметить вредное воздействие ядерного излучения на организм. Это воздействие является принципиально новым источником военных потерь.

11.03. Ядерный взрыв в воздухе или у поверхности земли неизбежно вызывает повреждение и разрушение зданий на значительной площади. Следовательно, нужно ожидать и соответственно возросшее число потерь в людях. В действительности, однако, число пострадавших людей и распределение этих потерь по видам поражений в значительной мере определяются конкретными обстоятельствами. При прочих равных условиях число пострадавших от воздействия ядерного взрыва с увеличением мощности взрыва возрастает. Однако процент пострадавших от воздействия каждого из поражающих факторов не остается неизменным. Так, при ядерном взрыве малой мощности воздействие начального ядерного излучения гораздо значительнее, чем воздействие ударной волны и светового излучения. А это значит, что если общая численность потерь возрастает с мощностью взрыва, то доля поражений начальным ядерным излучением в этом случае должна сократиться, а число травм от ударной волны и число ожогов возрасти (рис. 12.08 и таблица 12.44).

11.04. При любой заданной величине мощности взрыва общие потери и соответствующее число пострадавших от каждого поражающего фактора определяется видом взрыва (воздушный, наземный, подземный). Более того, при взрыве в воздухе важным фактором является высота его относительно земли. При прочих равных условиях существует такая оптимальная высота взрыва, при которой для любого заданного избыточного давления в ударной волне площадь поражения становится максимальной. Это оптимальное значение высоты изменяется с мощностью взрыва и с величиной избыточного давления. Подобным же образом существуют также и конкретные высоты взрыва (обычно не совпадающие с оптимальной высотой, установленной исходя из максимального поражения ударной волной), при которых площадь поражения световым излучением или начальным ядерным излучением достигает максимальной величины. Следовательно, объем и характер поражений при воздушном ядерном взрыве могут изменяться в весьма широких пределах.

11.05. Поражения людей при наземном и подземном взрывах мало чем отличаются от поражений при воздушном взрыве на небольшой высоте. Правда, поскольку при наземном и подземном взрывах вместе с радиоактивным облаком в воздух поднимаются огромные количества зараженного грунта, возрастает опасность поражения остаточным ядерным излучением. При подземном взрыве на определенной глубине поражения ударной волной, световым излучением и начальным ядерным излучением будут гораздо менее значительны, чем при воздушном взрыве и даже при наземном взрыве той же мощности. С другой стороны, значение таких поражающих факторов, как действие волны сжатия в грунте и излучения поздних выпадений, резко возрастает. При глубоком подземном взрыве причиной потерь является воздействие волны сжатия в грунте.

11.06. Кроме мощности и вида взрыва важную роль в усилении поражающего действия могут сыграть и местные условия среды. Так, на число и характер поражений ударной волной и световым излучением влияют иногда рельеф местности и метеорологические условия. Важное, хотя и не всегда одинаковое значение может иметь наличие строений. Например, обычные дома могут значительно сократить число пострадавших от световых ожогов. Это относится к крупным сооружениям как под землей, так и на поверхности; при правильном размещении в них людей можно обеспечить им защиту от действия ударной волны, начального ядерного излучения и от светового излучения. С другой стороны, в некоторых строениях число косвенных поражений под действием ударной волны оказывается значительно более высоким из-за появления в помещениях большого количества обломков и осколков.

11.07. Что касается непосредственных поражений под действием избыточного давления, то и в этом случае роль строений весьма различна. Известно, что при некоторых условиях величина максимального избыточного давления внутри помещения оказывалась значительно ниже, чем в открытом пространстве (в полевых условиях). С другой стороны, можно предположить, что избыточное давление во внутренних помещениях в результате отражения ударной волны от стен и по другим причинам может возрасти вдвое и более, в зависимости от конфигурации помещений. Внутри помещений изменяется также и скоростной напор, и по этой причине действующее давление может значительно отличаться от избыточного давления вне здания.

Потери в Японии

11.08. Единственным источником непосредственной информации о потерях в людях при ядерном взрыве являются данные о результатах воздушных взрывов в Японии; эти данные и берутся в основном в качестве отправного пункта для последующих рассуждений. Следует все же заметить, что эти данные применимы к результатам взрывов мощностью около 20 000 т и к условиям (высота взрыва, рельеф, метеорологическая обстановка), аналогичным тем, которые имели место в Японии. Верно, что почти все виды ядерных взрывов, если не считать, пожалуй, подземных взрывов на большой глубине, за короткое время могут нанести травмы и смертельные поражения большому числу людей, но практически и число пострадавших и распределение их по характеру поражения (от ударной волны, от светового и ядерного излучений) изменяется в зависимости от конкретных обстоятельств.

11.09. Приводимые в таблице 11.09 данные представляют собой наиболее полную оценку потерь в людях, включающую все формы поражений, явившихся результатом взрывов над Хиросимой и Нагасаки.

Данные о потерях в людях охватывают лишь гражданское население в районах взрыва вблизи каждого из двух городов; потери среди военнослужащих неизвестны и в таблицу не вошли.

По расстоянию от эпицентра взрыва различаются три зоны: первая — окружность с радиусом 0,96 км, вторая — кольцо с радиусами 0,96 и 2,56 км и третья — кольцо с радиусами 2,56 и 4,96 км. Для каждой из трех зон приводятся данные об общей численности и плотности населения, соотношении числа убитых и получивших несмертельные поражения. Сообщаются сведения о количестве «людей под угрозой» и о средней плотности населения, а также общая численность убитых и получивших несмертельные поражения. Коэффициент потерь определялся соответственно плотности населения 1 человек на 90 м². Коэффициент потерь при обычном взрыве считается равным 40.

Таблица 11.09

Потери в Хиросиме и Нагасаки
(Хиросима)

Зона	Население	Плотность (чел/км²)	Убитых	Пораженных несмертельно
0—0,96 км	31 200	10 000	26 700	3000
0,96—2,56 км	144 800	8410	39 600	53 000
2,56—4,96 км	80 300	1360	1700	20 000
Всего	256 300	3300	68 000	76 000

Коэффициент потерь равен 261 000
(Район поражения — около 24 км²)
(Нагасаки)

Зона	Население	Плотность (чел/км²)	Убитых	Пораженных несмертельно
0 — 0,96 км	30 900	9885	27 200	1900
0,96 — 2,56 км	27 700	1705	9500	8100
2,56—4,96 км	115 200	1975	1300	11 000
Всего	173 800	2200	38 000	21 000

Коэффициент потерь равен 195 000
(Район поражения — около 18 км²)

11.10. Важно отметить, что, хотя средняя плотность населения в Хиросиме и Нагасаки соответственно составляла 3300 и 2200 чел./км², в районах около эпицентра плотность достигла около 10 000 чел./км². Заметим для сравнения, что средняя плотность населения по пяти районам Нью-Йорка составляет по переписи 1960 года приблизительно 9700 чел./км², а по одному из

районов — Манхэттену она приближается к 29 000. В рабочее время плотность населения в этом районе становится намного выше. В десяти следующих по величине городах США средняя плотность населения составляет от 6100 до 2100 чел./км².

11.11. Цифры в таблице 11.09 показывают огромную поражающую силу ядерного оружия. Это объясняется несколькими факторами. Во-первых, выход энергии при ядерном взрыве значительно больше выхода энергии при обычном взрыве, т. е. существенно возрастают и площадь и степень разрушения. Во-вторых, в связи с большой длительностью действия избыточное давление и скоростной напор наносят поражения при таких величинах, которые при обычном взрыве не имели бы значения. В-третьих, при ядерном взрыве значительно выше доля тепловой энергии, а поэтому сильно возрастает количество пострадавших от световых ожогов. Наконец, поражения от ядерного излучения при обычном взрыве вообще не имеют места.

11.12. Приводимые в таблице данные показывают также, что в окружности радиусом 0,8 км пострадало около 95% населения. В этом районе и сила воздействия ударной волны, и величина светового импульса, и интенсивность ядерного излучения были достаточны, чтобы стать причиной поражения или смерти. На расстоянии более 2,4 км от эпицентра люди имели гораздо больше шансов на спасение. Из пострадавших на расстоянии 0,8—2,4 км от эпицентра число оставшихся в живых могло бы, вероятно, быть значительно больше, если бы этим лицам была оказана немедленная медицинская помощь. Приведенные данные о потерях в зависимости от расстояния от эпицентра относятся только к конкретной мощности и условиям взрывов в Японии. Эти данные, однако, можно обобщить, констатируя, что вблизи эпицентра потери будут велики, но на каком-то расстоянии от эпицентра (в зависимости от мощности взрыва) они резко сократятся.

Причины смертных случаев

11.13. В нашем распоряжении нет точных сведений о соотношении количеств погибших от отдельных видов поражения (ударной волной, световым излучением и ядерным излучением), вызванных взрывами в Японии. Было подсчитано, что примерно 50% всех смертных случаев явились результатом различных ожогов, но эту цифру можно считать лишь грубым приближением. Сообщалось также, что почти две трети тех, кто погиб в Хиросиме в течение первых суток после взрыва, пострадали от тяжелых ожогов. Известно и то, что в первую неделю после взрыва многие скончались от ожогов, вызванных воздействием светового излучения.

11.14. Высокий процент пострадавших от ожогов под действием светового излучения среди погибших и среди оставшихся в живых в условиях Японии, очевидно, связан с тем, что из-за

теплой летней погоды во время налетов люди были очень легко одеты. Если бы в момент взрыва земля была закрыта облачностью или туманом, то действие светового излучения оказалось бы в какой-то мере ослабленным и световых ожогов было бы значительно меньше. С другой стороны, в случае холодной погоды на улице было бы меньше людей и они были бы теплее одеты. При этом и число пострадавших и площадь ожогов у каждого из пострадавших были бы намного меньше, а поэтому уменьшилось бы и количество потерь.

11.15. Во всех без исключения оценках смертности отсутствуют данные о числе погибших непосредственно от действия ударной волны, проявившегося в проникновении воздуха в артерии, разрыве легких, поражении сердечной мышцы, переломах костей, разрыве кровеносных сосудов и сильной контузии. Одна из трудностей установления количественного соотношения различных форм поражения заключается в том, что многие из получивших смертельные поражения от взрывной волны пострадали и от ожогов. Как уже отмечалось ранее, у пострадавших на расстоянии до 0,8 км от эпицентра во многих случаях смерть могла бы наступить и по любой одной причине, т. е. под действием или ударной волны, или светового излучения, или ядерного излучения.

11.16. Однако необходимо подчеркнуть, что в силу целого ряда причин не все находившиеся на расстоянии до 800 м от эпицентра погибли во время взрыва. Из тех, кто прожил несколько дней после взрыва в Хиросиме и Нагасаки, многие скончались спустя несколько недель, причем симптомы заболеваний связаны с действием ядерного излучения. Как полагают, эта категория потерь составляет 5—15% от общего числа пострадавших.

Судя по приблизительным подсчетам, около 30% всех умерших в Хиросиме получили смертельные дозы ядерного излучения, хотя не во всех случаях это было непосредственной причиной смерти.

11.17. Наибольшая смертность отмечалась среди тех, кто во время взрыва находился вне помещений. Меньше пострадали те, кто в это время был в жилых домах (глинобитных с деревянным каркасом), а наименьшей была смертность среди людей, находившихся в бетонных зданиях. Эти факты подчеркивают влияние конкретных условий на число пострадавших, и показывают, что наличие каких-либо укрытий может оказаться важным фактором защиты. Установлено, например, что в радиусе около 1 км от эпицентра из общего числа людей, находившихся в обычных для Японии домах, от действия ядерного излучения погибло 50%, а среди находившихся в бетонных зданиях на том же расстоянии от эпицентра такие жертвы были редкими. Эффективность бетонных сооружений как средства защиты от всех поражений понятна из таблицы 11.17: здесь приводятся соответствующие средние расстояния между эпицентром и линией 50% летальности (после, по крайней мере, 20 дней).

Таблица 11.17

Средний радиус зоны 50% летальности (20 дней после взрыва в Хиросиме)

Средний радиус —	1,28 км
По бетонным зданиям —	0,19 км
Персонал школ:	
Внутри зданий —	0,72 км
Вне зданий —	2,10 км.

Причины поражений среди оставшихся в живых

11.18. На основании обследований большого количества японцев было составлено относительно полное представление о соотношении трех видов поражений среди лиц, подвергшихся воздействию ядерного взрыва, но оставшихся в живых. Результаты приводятся в таблице 11.18.

Необходимо отметить, что итог от сложения долей, соответствующих каждому виду поражения, превышает 100%, так как многие подверглись воздействию сразу нескольких поражающих факторов ядерного взрыва.

Таблица 11.18

Соотношение различных видов поражений среди лиц, оставшихся в живых

Вид поражения	% от общего числа оставшихся в живых
Поражения от воздействия ударной волны (механические травмы)	70
Ожоги (световым излучением и пламенем)	65
Поражения ядерным излучением	30

11.19. Среди оставшихся в живых число пострадавших от косвенного воздействия ударной волны (механические травмы), т. е. от поражений вследствие ударов летящими обломками различного характера и из-за обрушивания зданий было наименьшим среди лиц, находившихся вне укрытий, и наибольшим среди лиц, находившихся в промышленных зданиях. Рваные раны встречались у лиц, находившихся в Хиросиме на расстоянии до 3,2 км, а в Нагасаки — до 3,6 км от соответствующих эпицентров. Эти расстояния являются границей зоны значительного разрушения деревянных домов, включая повреждение окон.

11.20. При обследовании тех людей, которые остались в живых после атомного нападения в Японии, был установлен любопытный факт: количество людей, получивших тяжелые механические травмы, оказалось весьма незначительным. Так, например, переломы были обнаружены лишь у 4% оставшихся в живых. У 675 обследованных в одной из больниц не было ни одного случая перелома черепа или позвоночника и отмечен только один случай перелома бедра, хотя следовало бы ожидать, несомненно,

большего количества травм. Упомянутый факт объясняется, по-видимому, тем, что все получившие тяжелые контузии или переломы оказались беспомощными, особенно если при этом были повреждены нижние конечности, и они погибли вместе с теми, кто был придавлен в развалинах загоревшихся зданий. Эти люди, конечно, не могли остаться в живых.

ПОРАЖЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНОЙ

Поражения от непосредственного воздействия ударной волны: биологические факторы

11.21. Различаются два основных типа поражений ударной волной, а именно: непосредственные (или первичные) поражения, вызываемые воздействием избыточного давления ударной волны, и косвенные поражения в результате ударов различными летящими обломками. Встречаются также и другие поражения ударной волной, например ожоги газами и обломками, иногда раздражение дыхательных путей и даже удушье, которые вызываются поднятой в воздух пылью.

11.22. Характер действия ударной волны на организм человека в известной степени сходен с характером ее действия на инженерные сооружения. Ввиду небольших размеров тела человека процесс обтекания проходит очень быстро; ударная волна почти мгновенно охватывает тело человека и подвергает его сильному сжатию. Этот процесс продолжается со снижающейся интенсивностью в течение всего периода положительной фазы ударной волны. В то же самое время скоростной напор создает лобовое давление весьма значительной величины, что усиливает опасность перемещения организма в пространстве, как об этом уже говорилось.

11.23. Действие сжатия и последующее разрежение вызывают поражение в местах прилегания тканей к содержащим воздух органам, а также по местам соединения тканей различной плотности, например в местах прикрепления мягких тканей к хрящам и костям. Основными последствиями прямого действия ударной волны являются кровоизлияния, а иногда разрывы органов брюшной и грудной полости. Особенно подвержены кровотечению и отекам (выдавливание жидкости) легкие, и при серьезных повреждениях воздух попадает в легочные вены и через них в сердце и артерии. Смерть наступает через несколько минут от воздушной эмболии в сосудах сердца или мозга; она может наступить также от удушья в связи с кровоизлиянием в легкие или выдавливанием жидкости в легочную ткань. Следует также отметить, что после повреждения ударной волной сердца и легких физическая активность становится источником опасности и смерть быстро наступает в излечимых случаях, когда спасение пострадавшему мог бы принести покой. Повреждения центральной нервной системы

под действием избыточного давления возможны, и причиной их является воздушная эмболия в легочных артериях. Все остальные поражения центральной нервной системы ударной волной являются косвенными и связаны с ушибами головы летящими обломками различного характера или перемещением организма в целом.

11.24. Непосредственное действие ударной волны по данным о взрывах в Японии не рассматривалось, как причина смертельных исходов, но оно, очевидно, повлияло на число погибших в первые дни после взрыва, тем более что большинство смертельно раненных получили ушибы обломками, ожоги пламенем, а также пострадали от светового и ядерного излучений. Первоначальные сообщения о поражениях от непосредственного воздействия ударной волны появились после больших воздушных налетов с применением обычных фугасных бомб, главным образом в связи с оказанием медицинской помощи лицам, которые без нее не избежали бы той быстрой смерти, которая характерна при непосредственном поражении легких ударной волной.

Однако те, кому удалось, несмотря на отсутствие медицинской помощи и при отсутствии осложнений или дополнительных поражений, прожить один-два дня, обычно выздоравливали, а через 7—10 дней прекращались остаточные кровотечения из легких. У некоторых из поступивших на лечение больных с тяжелыми поражениями периодические кровоизлияния в легкие наблюдались в течение 5—10 дней после налетов. Учитывая все сказанное, а также тот факт, что в результате взрывов ядерных бомб в Японии спасательно-медицинская служба оказалась весьма дезорганизованной, можно предположить, что многие лица, получившие серьезные поражения от непосредственного воздействия ударной волны, погибли. Те, кто получил относительно небольшие поражения от действия ударной волны и остался в живых, медицинской помощи получить не смогли, а если им она и оказывалась, то не в связи с поражением легких ударной волной. Вот почему первичные поражения ударной волной, если не считать разрывов барабанной перепонки, не наблюдались, как правило, у оставшихся в живых жителей Японии.

11.25. Многие лица, внешне не пострадавшие от каких-либо серьезных поражений, временно теряли сознание. Полагали, что это явление было результатом непосредственного воздействия ударной волны и связывалось с временным нарушением кровообращения в мозгу в форме воздушной эмболии; потеря сознания, однако, могла произойти и вследствие косвенных поражений, например от ушибов головы летящими предметами, при сильном смещении организма под действием ударной волны в ее положительной фазе.

11.26. У оставшихся в живых после взрывов в Хиросиме и Нагасаки отмечались случаи разрыва барабанных перепонок, но процент больных с этим поражением был невелик даже среди тех,

кто во время взрыва находился вблизи эпицентра взрыва. В Нагасаки разрыв барабанных перепонок отмечался у 9% из 200 выживших после поражения в радиусе 0,5 км, а среди пострадавших в зоне 0,5—1,0 км таких людей оказалось около 8%. В Хиросиме процент пострадавших с поражением барабанной перепонки был несколько ниже. В обоих случаях за пределами километровой зоны отмечались лишь единичные случаи такого рода поражений.

Поражения от непосредственного воздействия ударной волны: физические факторы

11.27. Эксперименты показали, что на степень поражения от непосредственного воздействия ударной волны влияют три фактора, а именно: 1) время нарастания давления во фронте ударной волны; 2) максимальное избыточное давление; 3) продолжительность действия максимального избыточного давления. При небольшом периоде нарастания давления, как это происходит в определенных условиях взрыва и при определенном рельефе местности, поражающее действие при одном и том же заданном максимальном избыточном давлении оказывается тем больше, чем быстрее нарастает избыточное давление. При взрыве на небольшой высоте может образоваться «предвестник»; в этом случае скорость нарастания давления уменьшается по сравнению со скоростью нарастания давления в идеальных условиях, и поражающее действие ударной волны ослабляется. Постепенное нарастание давления до максимального значения, именуемое иногда ступенчатым изменением нагрузки, не так разрушительно, как мгновенное, резкое нарастание давления. Такое многоступенчатое изменение нагрузки возникает иногда под действием «предвестника», а в некоторых случаях и в связи с отражением ударной волны.

11.28. В случае резко увеличивающегося давления степень поражения от непосредственного действия ударной волны существенно зависит от продолжительности положительной фазы. До определенной величины увеличение продолжительности при данном максимальном избыточном давлении увеличивает вероятность поражения. Выше этой величины, которая в зависимости от размеров тела может соответствовать сотням миллисекунд при малом времени нарастания, значение имеет только величина максимального давления. Продолжительность положительной фазы для данного максимального избыточного давления изменяется в зависимости от мощности и высоты взрыва. Однако в большинстве случаев, в особенности при взрывах мощностью свыше 10 килотонн, продолжительность положительной фазы ударной волны с большой скоростью нарастания давления так велика, что основным фактором непосредственного поражения является максимальное избыточное давление.

11.29. Лабораторные и полевые эксперименты над животными показывают, что при небольшом времени нарастания избыточного давления смерть может наступить в случае избыточного давления во фронте падающей или отраженной ударной волны порядка 2,5 кг/см², если действие положительной фазы продолжается 400 миллисекунд (0,4 секунды). В таблице 11.29 дается изменение вероятности смертельного поражения в зависимости от действующего максимального давления. Поражение легких может произойти при избыточном давлении 1 кг/см², которое возникает при отражении падающей волны с давлением во фронте около 0,4—0,5 кг/см².

Таблица 11.29

Изменение вероятности смертельного поражения в зависимости от действующего максимального давления

Вероятность смертельного поражения (%)	Максимальное избыточное давление (кг/см²)
1	От 2,5 до 3,2
50	От 3,2 до 3,9
99	От 3,9 до 4,6

11.30. При обычных взрывах непосредственное воздействие ударной волны отличается от воздействия ударной волны ядерного взрыва в основном продолжительностью положительной фазы.

Наблюдения над результатами обычных фугасных взрывов показали, что поскольку длительность положительной фазы в этих случаях составляет 1—15 миллисекунд, то для достижения заданной вероятности смертельного поражения необходима ударная волна с большой скоростью нарастания давления, которая создала бы максимальное избыточное давление порядка 5,6—21 кг/см² и более.

11.31. Разрыв нормальных барабанных перепонок, очевидно, зависит как от возраста пострадавших, так и от максимального избыточного давления. У некоторых лиц повреждение барабанных перепонок наступало при избыточном давлении уже 0,35 кг/см², а у других — лишь при давлении 2,8—3,15 кг/см². При избыточном давлении 1,4—2,1 кг/см² вероятность повреждения барабанных перепонок составляет 50%. Под действием ударной волны у животных, как правило, наблюдаются кровоизлияния в мозг и кровотечения из носа, но надежной информации об этом не имеется. Наблюдались переломы тонких косточек глазной впадины с попаданием их в соседние полости пазух. Очевидно, что эти изменения происходят под действием импульса с относительно большой скоростью нарастания и с высоким максимальным

избыточным давлением, однако соответствующих подтверждающих данных для человека не имеется.

11.32. При любом частном значении избыточного давления, взятом в условиях свободного пространства, на чувствительность человека, который поражен ударной волной с большой скоростью нарастания давления, может сильно повлиять геометрический фактор[1]. Когда ударная волна поражает человека на открытых местах, в длинном коридоре или в туннеле, то значительная часть ее отражается от поверхности его тела. Отраженная волна, а следовательно и эффективное давление могут вдвое превысить давление падающей волны (давление в свободном пространстве). В зависимости от размеров проемов и внутренних проходов избыточное давление внутри здания может быть намного меньше, равно или намного больше, чем давление на открытом пространстве; могут наблюдаться и некоторые различия в скорости нарастания давления и длительности его положительной фазы. При некоторых условиях человек внутри здания может подвергаться воздействию и отраженных от стен ударных волн. Поскольку эти отраженные волны будут доходить до человека неодновременно, то на него будет воздействовать постепенно возрастающая нагрузка. Пребывание у стены, однако, в смысле поражений от непосредственного воздействия ударной волны представляется наиболее опасным, поскольку в этом случае избыточное давление от начального отражения становится максимальным[2].

Кроме того, внутри здания человек может подвергнуться воздействию колебательных нагрузок, возникающих вследствие реверберационных отражений от стен помещения.

Поражения, косвенно связанные с действием ударной волны

11.33. Поражения, косвенно связанные с действием ударной волны, возникают в результате: 1) ударов летящими обломками, проникающими или не проникающими под кожу, и 2) пространственного смещения тела человека в целом. Тяжесть поражения летящими обломками, которые появляются под действием ударной волны, определяется рядом факторов, например конечной скоростью обломка (ударной скоростью) и углом его падения, а также его размерами, формой, удельным весом, массой и происхождением. Кроме того, следует учитывать область тела, на которую приходится удар, а также другие одновременные и последующие поражения, включая, с одной стороны, простые контузии и рваные

[1] Понятие «геометрический фактор» определено как сложный термин для обозначения расположения человека относительно тех элементов обстановки, которые могут повлиять на характеристики ударной волны.

[2] Размещение вдали от стен уменьшает опасность непосредственного поражения от воздействия избыточного давления, но в этом случае резко возрастает опасность поражения в связи с пространственным смещением тела человека.

раны, а с другой — более глубокие поражения, переломы и опасные травмы важнейших внутренних органов.

11.34. Последствия пространственного смещения тела человека зависят в основном от времени и расстояния, при которых происходит его ускорение и замедление. Более вероятны поражения в период замедления, когда человек ударяется о твердый предмет, например о стену или о землю. В этом случае важна та скорость, с которой человек перемещался перед ударом. Скорость перемещения определяется конкретными физическими параметрами ударной волны, о которых мы упомянем ниже, а также зависит от ориентации тела относительно направления движения ударной волны.

Тяжесть травм зависит, разумеется, и от той конкретной области тела, на которую приходится удар, т. е. от того, например, поражена ли голова, спина, конечности, органы грудной и брюшной полости и т. д.

Скорость движения летящих обломков

11.35. Поскольку степень поражения летящими обломками зависит от скорости, с которой тело и обломок движутся до момента удара, то целесообразно рассмотреть зависимость между скоростью движения и параметрами ударной волны как в отношении таких мелких предметов, как осколки стекла, так и в отношении крупных предметов, таких, как тело человека. Основными физическими факторами во всех случаях являются: величина и длительность действия избыточного давления и скоростного напора ударной волны, коэффициент ускорения движения предмета, волна сжатия в грунте, сила тяжести и пройденное предметом расстояние.

Последнее важно, так как под действием ударной волны скорость предмета увеличивается пропорционально времени и пройденному расстоянию до тех пор, пока не становится равной скорости распространения ударной волны. Постепенно под влиянием противодействующих ветров, ударов о землю и о другие предметы скорость перемещения предмета падает.

11.36. В результате взаимодействия различных факторов небольшие и легкие предметы довольно быстро достигают максимальной скорости; зачастую для этого достаточно лишь небольшой части энергии ударной волны. Максимальная скорость при этом весьма мало зависит от длительности воздействия избыточного давления и перемещения воздуха. С другой стороны, большие тяжелые предметы набирают скорость медленнее и получают максимальную скорость только после прохождения большей части ударной волны. На скорость разлета обломков в этом случае влияют длительность движения воздуха и величина избыточного давления.

11.37. Изменение избыточного давления и скоростного напора в зависимости от времени тоже оказывает определенное влияние

на поведение перемещаемых предметов. Приводимые здесь данные были получены при испытаниях ядерного оружия в таких условиях, когда поведение ударной волны было почти идеальным. Некоторые данные о средних скоростях, массах и максимальных плотностях (количество обломков на 1 м²) летящих кусков стекла, обломков зданий под действием ударной волны приводятся в таблице 11.37. Скорости для обломков стекла брались после пролета расстояния 3 м; соответствующие расстояния для камней неизвестны, но можно считать, однако, что приводимые в таблице значения скорости относятся к оптимальным расстояниям перемещения предметов.

Таблица 11.37

Скорость, масса и плотность летящих предметов

Летящий предмет	Максимальное избыточное давление (кг/см²)	Средняя скорость (м/сек)	Средняя масса (г)	Максимальная плотность летящих предметов (кол-во на 1 м²)
Стекло	0,134	32,4	1,45	39
Стекло	0,268	50,4	0,58	1430
Стекло	0,274	42,0	0,32	972
Стекло	0,350	51,0	0,13	3490
Камень	0,597	85,3	0,22	440

11.38. На антропометрических куклах с массой около 75 кг исследовалось также смещение тела человека под действием ударной волны ядерного взрыва. Кукла, стоявшая спиной к ударной волне, приобретала свою максимальную скорость порядка 6,3 м/сек на расстоянии 2,7 м от начала перемещения через 0,5 сек после прихода ударной волны. Избыточное давление в условиях открытого пространства составляло 0,37 кг/см². Кукла перемещалась на расстояние 3,9 м, а затем катилась или скользила еще 2,7 м. Интересно отметить, что поставленная наклонно кукла при тех же условиях не перемещалась. Эти результаты были получены в условиях почти идеального поведения ударной волны, а на других испытаниях, где взрывная волна не была идеальной (п. 3.43) и максимальное избыточное давление составило 0,46 кг/см², значительно перемещенными оказались как прямостоящая, так и наклонно поставленная куклы. Но даже в этом случае перемещение наклонно поставленной куклы было значительно меньше перемещения прямостоящей куклы.

Критерии поражения под действием летящих предметов и при перемещении тела

11.39. Критерии скорости, которыми определяется возникновение рваных ран под ударом острых летящих предметов, например осколков стекла, точно не установлены.

В таблице 11.39 приводятся скорости, при которых вероятности поражения стеклянными осколками различной массы составляют 1%, 50% и 99%. Любая рана, связанная с поражением лимфатических узлов, может иметь опасные последствия; критическая скорость осколка для такого рода повреждения составляет приблизительно 30 м/сек, если масса осколка равна 10 г. Для осколков меньшей массы величина критической скорости должна быть выше.

Таблица 11.39

Вероятность проникновения осколков стекла в брюшную полость

Масса стеклянных осколков (г)	Вероятность проникновения (%)		
	1	50	99
	Скорость летящих предметов (м/сек)		
0,1	70,5	123,0	219
0,5	48,0	82,5	145,5
1,0	42,0	73,5	129,0
10,0	34,5	54,0	106,5

11.40. Почти ничего не известно об отношениях между скоростью летящего предмета и его массой, которые достаточны для осколочного поражения при непроникающем ударе о стенку брюшной полости в области печени и селезенки. Представляется вероятным, что осколок массой 4,5 кг при скорости 3,6—3,9 м/сек может явиться причиной пролома костей черепа. Такого рода летящие предметы вряд ли могут вызвать значительное число серьезных повреждений, если их скорость при ударе ниже 3 м/сек.

11.41. Хотя при смещении тела человека под действием ударной волны возможны поражения и в период ускорения, более опасен период замедления, особенно когда он сопровождается ударами о твердые предметы.

Поскольку удары о твердую поверхность вызывают более серьезные повреждения, чем столкновение с мягкими предметами, приводимые ниже критерии оценки поражений относятся к случаю столкновения перемещаемого тела с твердыми предметами. По целому ряду данных специалисты сделали вывод, что удар со скоростью 3 м/сек не должен явиться причиной большого числа серьезных поражений; некоторое число смертельных поражений может иметь место при скорости 3—6 м/сек; при скорости выше 6 м/сек вероятность смертельных поражений быстро возрастает с увеличением скорости перемещения тела.

11.42. Результаты полевых и лабораторных исследований позволяют предсказать расстояния от эпицентра, в пределах которых обломки (и человек) будут иметь какое-то заданное значение

скорости перемещения в зависимости от мощности и условий взрыва. Эти значения зависят от коэффициента ускорения движущихся предметов; на рис. 11.42 показаны два особо интересных случая: один из них относится к осколкам стекла весом от 0,1 до 10 г (коэффициент ускорения 1,45 $см^2/г$), другой — к человеку (средний коэффициент ускорения равен 0,06 $см^2/г$); в обоих случаях величина смещения произвольно принималась равной 3 м. На рис. 11.42 скорости представлены в виде функции расстояния от эпицентра взрыва мощностью 1 килотонна: для наземного взрыва и для воздушного взрыва на высоте, при которой зона поражения ударной волной будет максимальной.

Для определения скоростей перемещения предметов при различных мощностях взрыва следует пользоваться приведенными величинами, указанными ниже.

Кривые на рис. 11.42 показывают скорости перемещения а) осколков стекла двойной прочности с массой от 0,1 до 10 г

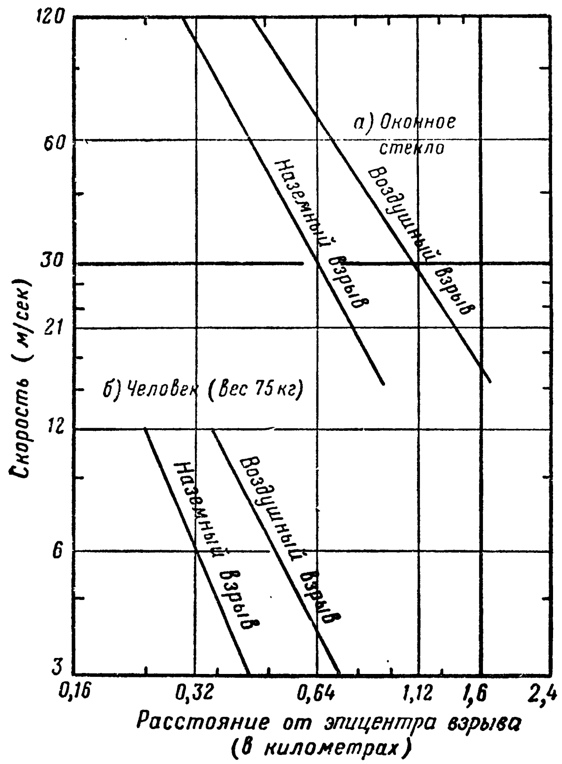


Рис. 11.42. Скорость разлета осколков оконного стекла весом 0,1—10 г и скорость смещения тела человека весом 75 кг после 3 м перемещения при наземном ядерном взрыве мощностью в 1 килотонну и оптимальных воздушных взрывах

(коэффициент ускорения 1,45 $см^2/г$) и б) человека весом 75 кг, который находится на открытом месте (коэффициент ускорения 0,06 $см^2/г$), как функции расстояния от эпицентра воздушного и наземного взрывов мощностью в 1 килотонну. Высота воздушного взрыва подбиралась с учетом достижения максимальной величины скорости.

Закон подобия. Соответствующие расстояния приводятся по следующим формулам:

$$а)\ R \approx R_1 \cdot W^{0,35}$$

$$б)\ R \approx R_1 \cdot W^{0,4},$$

где R_1 — расстояние от эпицентра взрыва мощностью в 1 килотонну, принимается по данным рис. 11.42;

R — расстояние от эпицентра взрыва мощностью в W килотонн (скорости тел одинаковы).

Пример.

Дано. Воздушный взрыв мощностью в 1 мегатонну.

Требуется определить. а) Расстояние от эпицентра взрыва, на котором небольшой осколок стекла в 3 м от разбитого окна будет иметь скорость 30 м/сек.

б) Ту скорость, которую получит человек под действием ударной волны в 3 м от начала перемещения на расстоянии 8 км от эпицентра.

Решение. а) Из графика 11.42 находим, что при взрыве мощностью в 1 килотонну расстояние от эпицентра, на котором осколки стекла получают в 3 м от окна скорость 30 м/сек, равно 1,09 км; отсюда следует, что при взрыве мощностью в 1 мегатонну искомое расстояние от эпицентра взрыва равно

$$R = R_1 \cdot W^{0,35} = 1,09 \cdot (1000)^{0,35} = 12 \text{ км}.$$

б) Искомая скорость перемещения человека, находящегося на расстоянии R_1 от эпицентра взрыва мощностью в 1 килотонну, равна скорости перемещения человека, находящегося на расстоянии R, т. е. в 8 км от эпицентра взрыва мощностью в 1 мегатонну, а значит,

$$R_1 = \frac{R}{W^{0,4}} = \frac{8}{(1000)^{0,4}} = 0,5 \text{ км}.$$

Из графика 11.42 находим, что скорость перемещения человека взрывной волной воздушного взрыва мощностью в 1 килотонну на расстоянии 0,5 км от эпицентра равна 6,3 м/сек; такова, следовательно, и скорость перемещения человека на расстоянии 8 км от эпицентра взрыва мощностью в 1 мегатонну.

ОЖОГИ

Классификация ожогов

11.43. Световое излучение может поражать человека либо непосредственно, т. е. в результате поглощения излучаемой энергии кожными покровами, или же косвенно, т. е. под воздействием пламени пожаров, возникающих в связи с действием светового излучения. Ожоги от непосредственного воздействия светового излучения часто именуются *световыми ожогами.* Другой вид ожогов называется *ожогами пламенем;* последние совершенно аналогичны ожогам кожи, которые возникают в случае любого большого пожара, каковы бы ни были его причины. Кроме того, вблизи эпицентра взрыва люди в зданиях и туннелях могут пострадать от ожогов под действием горячих газов и пыли, о чем говорилось в п. 11.02.

11.44. Независимо от происхождения все ожоги, вообще говоря, классифицируются по силе поражения организма, т. е. по степени поражения. При ожогах первой степени, например в случае умеренного солнечного ожога, наблюдается только эритема (покраснение кожи). Излечение наступает без специального курса лечения, и шрамы не образуются. Ожоги второй степени более глубоки и более сильны, и для них характерно образование пузырей. Примером ожога второй степени является сильный солнечный ожог с образованием пузырей, наполненных жидкостью. При ожогах третьей степени наблюдается полное разрушение кожного покрова по всей его толщине. Если не применить технику пересадки кожи, то на месте поражения образуются шрамы.

11.45. Классификация ожогов по трем степеням имеет, разумеется, определенные недостатки, поскольку невозможно указать точную линию разграничения между ожогами первой и второй, второй и третьей степени. Каждая из степеней ожога может быть слабой или сильной, так что в результате предварительного исследования трудно иногда отличить сильный ожог второй степени от слабого ожога третьей степени. Такое разграничение, однако, обычно становится возможным в результате наблюдений за последующей патологической картиной ожога. В наших последующих рассуждениях отнесение ожога к той или иной степени означает средний ожог этой степени.

11.46. Глубина ожога — это не единственный фактор, определяющий его воздействие на человека. Важна также площадь пораженной ожогом кожи. Поэтому ожог первой степени по всему телу может оказаться более серьезным, чем ожог третьей степени на небольшом участке. Чем больше площадь поражения, тем быстрее симптомы поражения приближаются к типовым симптомам поражения тела в целом. Далее, существуют такие критические локальные поражения, например ожог на руках, при которых любая степень поражения лишает человека способности к труду.

Ожоги пламенем и световым излучением в Японии

11.47. Процент ожогов пламенем среди оставшихся в живых после ядерных взрывов оказался очень небольшим. Практически ожоги пламенем составляли не более 5% от общего числа ожогов. Это объясняется тем, что большинство пострадавших от ожогов пламенем погибли, оказавшись внутри горящих зданий и не имея возможности выбраться из них. Характер ожогов пламенем в результате ядерных взрывов был аналогичен ожогам при обычных пожарах. Обычно загоралась одежда, а поэтому часто наблюдались ожоги на значительных участках тела. В противоположность им ожоги от светового излучения, как мы это покажем ниже, ограничиваются, в общем, обнаженными участками тела, т. е. появляются на лице, руках, плечах и ногах.

11.48. Одним из наиболее существенных результатов ядерных взрывов в Японии явился большой процент погибших от световых ожогов. Как уже указывалось выше, положение усугублялось тем, что атмосфера была прозрачной и стояла теплая погода. Подсчитано, что из числа погибших в Хиросиме и Нагасаки от 20 до 30% людей умерло от световых ожогов. Только в Хиросиме было зарегистрировано около 40 000 весьма серьезных случаев ожогов. Световые ожоги, независимо от действия других факторов, по-видимому, были бы смертельны почти для всех людей, находившихся на открытой местности без существенной защиты на расстояниях до 1800 м и даже далее от эпицентра взрыва. Даже на расстояниях 3600—4200 м от эпицентра наблюдались достаточно серьезные случаи световых ожогов, которые требовали лечения.

Действие светового излучения ядерных взрывов, произведенных над японскими городами

11.49. Отличительная особенность ожогов кожи, образовавшихся в результате воздействия светового излучения, заключалась в том, что они строго ограничивались поверхностью тела, которая была обращена к центру взрыва. По этой причине такие ожоги иногда называют профильными ожогами (рис. 11.49). Это явление объясняется тем, что большая часть излучения распространяется прямолинейно от огненного шара, и поэтому поражались только те участки, которые находились под прямым воздействием светового излучения. Ярким примером этого явления может служить случай с человеком, который сидел за столом у окна и писал. Руки у него были сильно обожжены, а лицо и шея, которые ничем не были закрыты, получили лишь слабые ожоги, так как излучение проходило через окно под таким углом, что эти части тела частично находились в тени.

11.50. Световые ожоги большей частью наблюдались лишь на обнаженных участках тела, но были случаи, когда ожоги образовывались несмотря на то, что тело было закрыто одним, а в от-

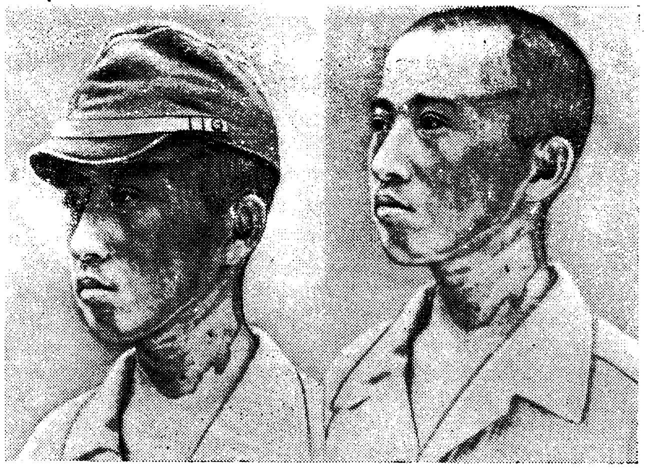


Рис. 11.49. Световые ожоги, полученные на расстоянии 2 км от эпицентра взрыва (защитное действие предметов одежды — часть головы, покрытая фуражкой, не подвергалась действию светового излучения)



Рис. 11.50. Ожоги кожи в местах соприкосновения с одеждой. Защитное действие одежды видно на плечах и на спине пострадавшего человека

дельных случаях и несколькими слоями ткани. Такого рода ожоги наблюдались лишь на небольших расстояниях от эпицентра взрыва, где пострадавшие подвергались воздействию очень большого количества лучистой энергии. Ожоги через одежду образовывались, как правило, в тех местах, где ткань слишком плотно прилегала к коже, например на локтях и на плечах. Эти ожоги

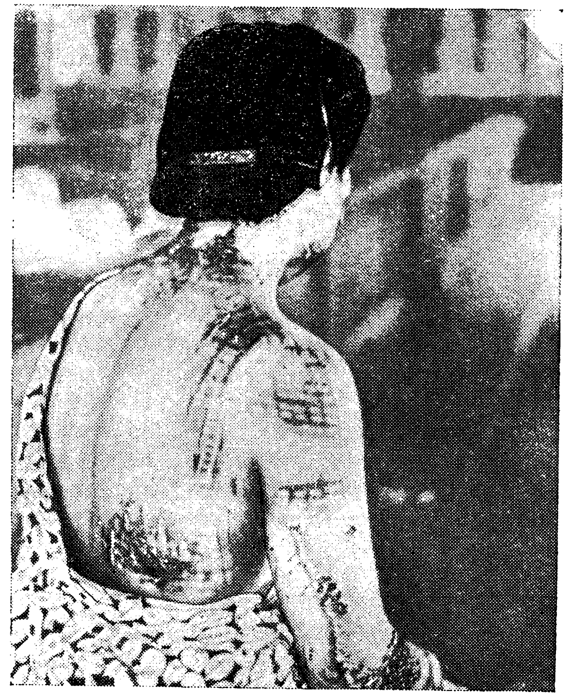


Рис. 11.51. Ожоги на коже соответствуют темным пятнам рисунка кимоно

были вызваны скорее соприкосновением с сильно нагретой тканью, как это отмечается ниже, нежели прямым воздействием светового излучения. Участки тела, на которых одежда лежала свободно и от кожи отделялась прослойкой воздуха, не были, как правило, поражены излучением (рис. 11.50).

11.51. Зарегистрировано много случаев, когда у одного и того же человека, носившего одежду из ткани различной расцветки, ожоги образовывались только в местах, прикрытых темными участками ткани (рис. 11.51). Это объяснялось отражением светового излучения белыми и другими светлыми участками ткани и в то

же время поглощением энергии излучения темной тканью с нагреванием ее до высокой температуры, в результате чего создавались условия для образования контактных ожогов. В некоторых случаях верхняя одежда черного цвета воспламенялась, а от нее загоралось нижнее белье, после чего под действием пламени возникали ожоги.

Необходимо отметить, однако, что одежда белого цвета может и не обеспечить защиту от воздействия светового излучения. Некоторые светлые материалы пропускают такое количество энергии излучения, которое достаточно, чтобы вызвать ожоги.

11.52. Световые ожоги в наибольшем количестве отмечались, конечно, среди людей, находившихся на улице. Тем не менее многие получили это поражение, находясь внутри зданий. Указанный факт объясняется тем, что окна, особенно в торговых помещениях, не были зашторены или же из-за теплой погоды были открыты настежь. Помимо защиты от светового излучения, обеспечиваемой одеждой, в особенности светлого цвета, экранирование в какой-то мере обеспечивалось выступающими частями тела, например носом, надбровными буграми и подбородком.

Общая характеристика ожогов световым излучением

11.53. Несмотря на тысячи случаев световых ожогов, явившихся результатом ядерных взрывов в Японии, были опубликованы лишь общие описания этих поражений. Однако эти данные сейчас дополняются результатами опытов (главным образом на анестезированных свиньях) как в лабораторных условиях, так и при испытательных ядерных взрывах. Было обнаружено, что кожа белых свиней во многих отношениях реагирует на световое излучение так же, как и кожа человека, и их реакции на облучение поддаются сопоставлению.

11.54. Большинство световых ожогов отличаются не только тем, что они в основном ограничиваются площадью обнаженных частей тела, но и тем, что они имеют значительно меньшую глубину поражения кожи, чем ожоги пламенем. Это вполне объяснимо, так как световое излучение отдает энергию в течение очень короткого промежутка времени. Так, при взрыве в Японии бомб мощностью 20 килотонн время действия светового излучения было меньше 1 секунды. Очень высокая температура, которая создается на поверхности облучаемой кожи, действует поэтому так же кратковременно. Вследствие этого световые ожоги помимо глубины поражения кожи отличаются от обычных целым рядом особенностей. Упомянутые различия могут оказаться менее заметными, если световое излучение действует в течение более длительного промежутка времени, как это происходит при воздушном взрыве большой мощности.

11.55. По тяжести световые ожоги в Японии варьировали от слабой эритемы (покраснения кожи) до обугливания поверхностных слоев кожи. В радиусе до 1800 м от эпицентра взрыва световые ожоги представляли собой депигментацию (побледнение кожи), но у пострадавших на больших расстояниях от 1800 до 3600 м после первичной эритемы наблюдалось образование пигментации орехового цвета, которая иногда называется маской Хиросимы.

11.56. Умеренные ожоги второй степени (и более легкие) поддавались излечению в течение четырех недель, но более тяжелые ожоги часто осложнялись вторично инфекцией, которая значительно затягивала процесс излечения. Даже при самых благоприятных условиях вторичную инфекцию трудно предотвратить, а после ядерных бомбардировок Японии положение было усугублено плохим уходом, неудовлетворительными санитарными мерами и недостаточным числом соответствующих медицинских учреждений. Возможно, что в некоторых случаях роль дополнительного фактора, повлиявшего на клиническую картину ожогов, сыграло и ядерное излучение, действие которого снижает сопротивляемость организма инфекции.

11.57. Экспериментальные световые ожоги были получены как в лабораторных условиях, так и при опытных ядерных взрывах; они оказывались в основном аналогичными ожогам, наблюдавшимся в Хиросиме и Нагасаки. При более тяжелых ожогах происходило обугливание центральной части пораженного участка кожи с образованием внешнего белого кольца, окруженного зоной эритемы. Отмечалась резкая демаркация поражений как по площади поражения, так и по глубине, вследствие чего эти ожоги были совершенно не похожи на контактные, при которых различные участки характеризуются обычно различной глубиной поражения ткани. Поверхность световых ожогов была сухой, без значительного отека или серозного отделения.

11.58. Другим явлением, наблюдавшимся после заживления тяжелых ожогов, было образование рубцов, т. е. сильное разрастание рубцовой ткани. Одно время высказывалось мнение, что это явление могло иметь отношение к воздействию ядерного излучения, но такая точка зрения теперь полностью отвергается. Усиленное образование рубцов было связано, по-видимому, со вторичной инфекцией ожогов и плохим питанием пострадавших.

Еще одним фактором, способствующим образованию таких рубцов, могла быть известная расовая предрасположенность японцев и других народов с темной кожей к образованию рубцов. Так, например, у многих жителей Токио образовались резко выраженные рубцовые изменения после ожогов в результате бомбардировки города зажигательными бомбами. Интересно отметить, что впоследствии отмечалась тенденция к постепенному рассасыванию рубцовых образований.

Влияние интенсивности светового излучения и дальности от эпицентра взрыва на тяжесть ожога

11.59. Ожог первой степени при большой площади поражения может вывести человека из строя, а обширный ожог второй степени делает человека беспомощным. Иначе говоря, всех подвергшихся воздействию светового излучения при ядерном взрыве в зоне, где интенсивность светового излучения достаточна для образования хотя бы ожогов второй степени, можно считать пострадавшими в той или иной степени. Выведенными из строя окажутся не все, так

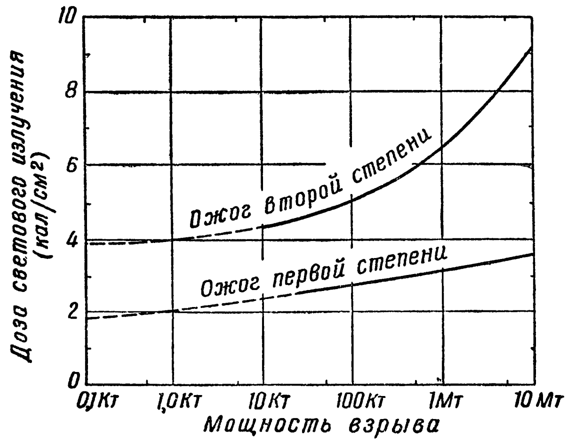


Рис. 11.61. Зависимость доз излучения, вызывающих ожоги первой и второй степени, от мощности взрыва

как многие будут до некоторой степени защищены от светового излучения, но возможность серьезных поражений от ожогов в пределах этой зоны не исключена.

11.60. Для определения потенциальных пределов потерь от светового излучения, вызванного ядерным взрывом, требуется два комплекса данных. Во-первых, необходимо знать количество энергии светового излучения, получаемой при взрыве данной мощности на различных расстояниях от точки взрыва (или от эпицентра взрыва). Оно зависит от совокупности атмосферных условий и других условий среды, и соответствующие данные можно получить из графика на рис. 7.105. Во-вторых, необходимо иметь сведения относительно количества энергии излучения, которого достаточно для образования ожогов различных типов при той или иной скорости поступления энергии, т. е. в условиях взрывов, которые отличаются по мощности и по эффективному времени излучения. Данные для воздушных и наземных взрывов получены при сопоставлении теоретических расчетов с экспериментальными наблюдениями в лабораторных условиях и во время ряда испытательных ядерных взрывов.

11.61. На рис. 11.61 показана величина светового импульса, не-

обходимая для образования средних ожогов первой и второй степени при воздушных взрывах различной мощности. Так же как и в главе 7, воздействие светового излучения выражается в калориях на квадратный сантиметр (кал/см²) поверхности кожи. Разумеется, в зависимости от различной чувствительности кожи, ее пигментации и других факторов, влияющих на тяжесть ожога, возможны некоторые отклонения от приводимых данных об интенсивности излучения.

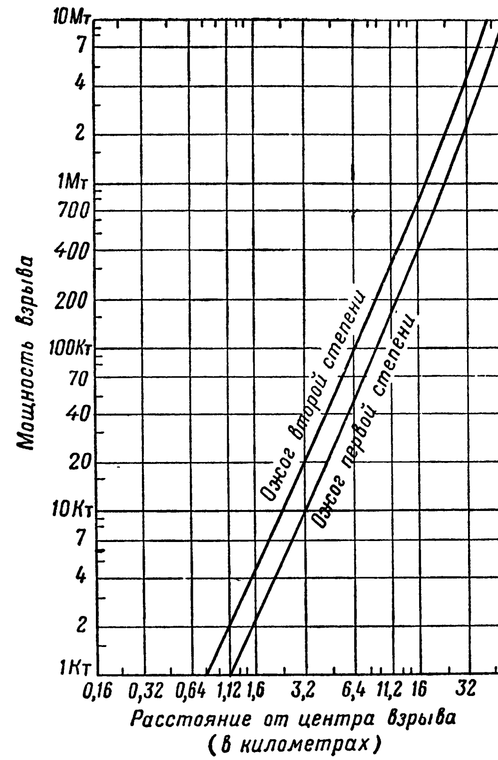


Рис. 11.63. Зависимость расстояния, на котором наблюдаются ожоги первой и второй степени, от мощности взрыва

11.62. Из графика на рис. 11.61 видно, что количество энергии излучения, необходимое для того, чтобы вызвать ожог любой степени тяжести, увеличивается с возрастанием суммарной мощности взрыва. Причина заключается в том, что при воздушных взрывах малой мощности световая энергия выделяется быстро, не более, например, чем за десятые доли секунды, а при взрывах большей мощности эффективное время выделения тепловой энергии может достигать нескольких секунд. Чем больше время излучения, тем больше, вообще говоря, то количество тепловой энергии, которое необходимо для образования ожога.

11.63. Учитывая изменения величины светового импульса, при котором имеют место те или иные ожоги, в зависимости от мощности взрыва, был построен график (рис. 11.63), показывающий пределы средних ожогов первой и второй степени для взрывов мощностью от 1 килотонны до 10 мегатонн. Предполагается, во-первых, что взрыв происходит в воздухе на высоте, где давление атмосферы не очень отличается от давления на уровне моря. Для наземного или надводного взрыва расстояние следует уменьшить на 20% по сравнению с графиком. Если взрыв происходит на большой высоте, где давление воздуха совсем низкое, т. е. на вы-

соте более 30 км, картина будет совершенно иной. Во-вторых, предполагается, что преобладает в основном прозрачная атмосфера, а поэтому ослабление интенсивности излучения на удалении 16 км и более от эпицентра взрыва не зависит от условий видимости.

В случае тумана расстояния, указанные на рис. 11.63, в особенности для взрывов большой мощности, могут несколько превысить действительные расстояния. Эти расстояния, разумеется, могут оказаться очень большими, если взрыв произойдет над слоем значительной облачности или дыма. С другой стороны, расстояния могут оказаться гораздо меньшими, если благодаря облакам над точкой взрыва или снегу на земле произойдет отражение световой энергии.

11.64. Применение графика на рис. 11.63 можно показать на примере расчета приблизительной предельной дальности поражения ожогами второй степени при воздушном взрыве мощностью 100 килотонн. Искомая цифра находится в точке с ординатой 100 килотонн, и горизонтальная линия продолжается до пересечения с прямой — «ожоги второй степени». По оси абсцисс можно видеть, что этой точке пересечения соответствует расстояние от эпицентра 6,4 км. Отсюда следует, что при взрыве мощностью 100 килотонн средние ожоги второй степени (или же более тяжелые ожоги) наблюдаются при обычных условиях атмосферы на расстоянии порядка 6,4 км от эпицентра взрыва.

Действие светового излучения на глаза

11.65. Интересно отметить, что среди оставшихся в живых в Хиросиме и Нагасаки поражение глаз световым излучением не имело большого значения. Было много случаев временной слепоты в течение 2—3 часов после взрыва, но известен лишь один случай поражения сетчатки глаза.

11.66. В некоторых случаях происходили поражения глаз, известные под названием кератита (воспаление роговой оболочки). Симптомы этого заболевания, такие, как светобоязнь, ощущение постороннего тела в глазу, слезотечение и краснота, сохранялись в течение периода от нескольких часов до нескольких дней. Из 1000 произвольно выбранных людей, находившихся во время взрыва на улице на расстоянии около 2000 м от эпицентра взрыва, только 42 человека имели кератит в течение первого дня. Более позднее возникновение кератита было дополнительно зарегистрировано в 14 случаях, когда симптомы этой болезни появлялись в течение месяца после взрыва, а иногда и позднее. Возможно, что причиной позднего кератита было ядерное излучение, действие которого может иногда быть замедленным.

11.67. При обследовании 1400 пострадавших не зарегистрировано ни одного случая светового ожога роговицы, вызвавшего ее необратимое помутнение. Это и не удивительно, поскольку сетчатка прозрачна для основной части тепловой энергии в форме видимого света и невидимого (инфракрасного) излучения. Приблизительно у четверти обследованных наблюдались ожоги кожи лица зачастую с поражением бровей и ресниц. Несмотря на это, примерно через три года после ядерного взрыва роговые оболочки у этих людей оказались нормальными.

11.68. Было высказано несколько предположений о причинах небольшого числа случаев тяжелых поражений глаз у людей, пострадавших в Японии. Указывалось, например, что взрывы происходили утром при ярком дневном свете, когда зрачки у людей обычно сокращаются. Другим допустимым объяснением является глубокое расположение глаз и, в частности, нависающие верхние веки, которые способствовали уменьшению дозы прямого светового излучения. Далее, по теории вероятности, в положении лицом к эпицентру взрыва могла находиться только небольшая часть людей, а только у них огненный шар попадал в поле зрения.

11.69. Воздействие светового излучения на глаза разделяется на две категории: 1) необратимое (ожоги сетчатой оболочки) и 2) временное (ослепление вспышкой).

Необратимые повреждения могут явиться результатом концентрации на сетчатке глаза достаточного для создания ожога количества прямо падающей световой энергии вследствие фокусирующего действия хрусталика глаза. Фокусирование происходит, однако, лишь в случае, если огненный шар находится в поле зрения человека. В этих случаях ожоги сетчатой оболочки могут наблюдаться и на таких расстояниях от места взрыва, когда интенсивность светового излучения слишком мала, чтобы вызвать ожоги кожи.

При испытаниях ядерного оружия отмечены случаи ожогов сетчатки на расстояниях в 16 км от эпицентра взрыва мощностью приблизительно 20 килотонн.

11.70. Для оценки чувствительности человеческого глаза к влиянию светового излучения были поставлены эксперименты на кроликах. Хотя по своим размерам глаз кролика меньше, он в некотором отношении напоминает человеческий глаз, в частности своим зрачком. Однако в равных условиях облучения сетчатая оболочка глаза кролика получает большее количество энергии излучения на единицу поверхности, так как в глазе кролика, меньшем по размерам и по фокусному расстоянию, создается и меньшее изображение. В таблице 11.70 приводятся величины предельных расстояний поражения применительно к ожогам сетчатой оболочки при взрыве мощностью 20 килотонн, который производился в воздухе на небольшой высоте; данные основаны на экспериментах с кроликами и распространялись на человека при допущении, что минимальные ожоги глаза имеют место при воздействии на него световой энергии порядка 0,1 кал/см^2 в течение 0,15 сек.

Следует отметить, однако, что данные исследований ставят под сомнение это допущение. Предельный радиус зоны поражения дается с учетом различных условий видимости и с учетом изменения диаметра зрачка. Важность прозрачности атмосферы и адап-

тации глаза в условиях различной яркости света очевидна из этой таблицы.

Таблица 11.70

Расчетные значения предельного радиуса зоны поражения человеческого глаза ожогами сетчатой оболочки. Воздушный взрыв мощностью 20 килотонн на небольшой высоте

Диаметр зрачка

	2 мм — адаптация глаза при ярком солнце	4 мм — адаптация глаза в облачный день	8 мм — адаптация глаза в полной темноте
Дальность видимости (в км)	Радиус зоны поражения (км)		
40	36,7	49,6	64
19,2	17,6	25,6	32
9,6	9,6	12,8	16
3,2	3,2	4,8	6,4

11.71. Размеры участка поражения глаза неопределенны, так как они зависят от близости пострадавшего к эпицентру взрыва и от тяжести поражения. Эти поражения касаются разных участков глаза и различаются по степени ожога: отношение этих характеристик к мощности взрыва зависит от целого ряда обстоятельств, и на основе имеющихся на сегодняшний день данных это отношение установить нельзя. Во всех случаях, однако, будет наблюдаться хотя бы временная частичная потеря остроты зрения, а конечный эффект поражения будет зависеть от степени облучения и в еще большей степени — от места поражения. Если ожог слабый или если он расположен на периферии чувствительной зоны сетчатки, острота зрения почти не ухудшается, но в случае более серьезных ожогов и ожогов ближе к середине этой зоны поражение глаза может привести к довольно значительной потере зрения.

11.72. При взрыве бомбы на большой высоте световое излучение проходит, вообще говоря, через меньшую часть атмосферы, чем при взрыве в нижних слоях атмосферы.

Следовательно, первому случаю воздушного взрыва соответствует при одной и той же мощности взрыва (в условиях безоблачной погоды) меньшее ослабление излучения в атмосфере, а поэтому в этом случае ожоги сетчатки и роговицы будут наблюдаться на бóльших расстояниях от эпицентра взрыва. Для получения данных о вероятности поражения глаз кролики подвергались облучению во время испытательного взрыва «Тэк» мощностью несколько мегатонн на высоте 77 км. В условиях ночной освещенности ожоги сетчатки и роговицы происходили на удалении до 555 км; следует отметить, что на более дальних расстояниях измерения не производились, и поэтому эту цифру нельзя рассматривать как предельный радиус зоны поражения глаз.

11.73. Хотя распространение данных экспериментов над кроликами на человека для случаев взрыва на большой высоте не позволяет получить вполне определенные результаты, есть основание полагать, что люди на расстоянии более 320 км в аналогичных условиях могут находиться в опасности; возможно, что это расстояние еще больше и зависит от возможности видеть шар на высоте. По данным о взрывах в Японии можно заключить, что число лиц, которые будут смотреть прямо на огненный шар в случае внезапного воздушного взрыва, не должно быть очень велико. Взрывы на большой высоте видны издалека, а поэтому и число таких лиц должно, вероятно, быть больше.

11.74. Размер изображения огненного шара на сетчатке глаза с увеличением дальности от эпицентра взрыва уменьшается, поскольку энергия излучения падает на меньшую и меньшую поверхность сетчатки. Но это уменьшение площади поражения в значительной мере компенсируется уменьшением световой энергии, которая ослабляется обратно пропорционально квадрату расстояния от эпицентра. В этих условиях, следовательно, доля световой энергии на единицу площади сетчатки уменьшается в той же мере, в какой прозрачность атмосферы уменьшается в зависимости от расстояния. Однако в связи с явлением хроматической аберрации диаметр изображения огненного шара на сетчатке редко становится менее 10 мк. Следовательно, выше какого-то предела дальности уменьшения изображения огненного шара на сетчатке не происходит. Выше этого предела световое излучение резко ослабляется с расстоянием. Его интенсивность обратно пропорциональна квадрату расстояния и прозрачности атмосферы.

11.75. Временное состояние слепоты от вспышки наступает у людей, которые находятся достаточно далеко от места взрыва и поэтому не страдают от поражений сетчатки и роговицы и которые не смотрят прямо на огненный шар. Слепота от вспышки наступает в том случае, если сетчатка получает больше световой энергии, чем это необходимо для зрительного восприятия, но меньше дозы ожога. В результате наблюдается локальное обесцвечивание чувствительных окончаний, сохранение изображения огненного шара, повторное образование такого изображения и создание ореола. Излечение глаз до полного восстановления функций требует от нескольких секунд до нескольких дней. Случаи наступления слепоты от вспышки в условиях ночной адаптации глаза имеют место на большем расстоянии от эпицентра, чем при дневном свете. Радиус зоны поражения в обоих случаях в значительной мере зависит от состояния атмосферы во время взрыва.

11.76. При взрыве килотонной мощности значительная часть световой энергии, способной вызвать ожоги сетчатки и роговицы, освобождается немедленно после взрыва, вследствие чего такие рефлексы, как сжатие век и сокращение зрачка, трудно считать эффективной защитой. Это относится к высотным взрывам мега-

тонной и килотонной мощности, когда большая часть световой энергии освобождается в течение весьма небольшого промежутка времени. В некоторых условиях взрывы большей мощности характеризуются столь значительной длительностью светового импульса, что мигательный рефлекс в какой-то мере сохраняет свое защитное значение.

ПОРАЖЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЯДЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Введение

11.77. Поражающее действие ядерного излучения, образующегося при ядерном взрыве, представляет собой явление, которое при обычных взрывах не наблюдается. Поэтому вопрос о поражениях ядерным излучением (или вопрос о так называемой лучевой болезни) будет здесь рассматриваться несколько подробнее. Вместе с тем детальное рассмотрение этого вопроса нельзя считать доказательством того факта, что радиоактивное излучение будет являться наиболее важной причиной поражений при ядерном взрыве. Как указывалось выше, этот поражающий фактор не имел решающего значения в Японии, где бомбы были взорваны на высоте примерно 555 м. Имевшие место поражения ядерным излучением возникли в результате воздействия начального ядерного излучения. Действие остаточного излучения, образуемого продуктами деления и наведенной радиоактивностью, не имело практического значения. Как видно из главы 9, при наземных взрывах дело может обстоять совершенно иначе.

11.78. Давно известно, что воздействие излучений, например рентгеновских лучей, альфа- и бета-частиц, гамма-лучей и нейтронов, которые способны прямо или косвенно вызвать ионизацию (п. 8.16), может привести к поражению живых организмов. После открытия рентгеновских лучей и радиоактивности к концу XIX века стала все более очевидной опасность, связанная с воздействием ионизирующих излучений. И хотя ученые и физики все лучше и лучше осознают опасность, которая связана с воздействием различных источников излучений, наблюдались случаи получения чрезмерно высоких доз излучения. С течением времени были разработаны меры по защите от излучения, и такие случаи стали встречаться реже. Но и до настоящего времени отмечаются случайные поражения среди сотрудников, работающих с радиографической аппаратурой, мощными рентгеновскими установками промышленного, лабораторного и медицинского применения, с циклотронами и ядерными реакторами, а также среди лиц, работающих с радиоактивными материалами.

11.79. Вредное действие ядерного излучения связано с ионизацией (или возбуждением) клеток, составляющих живую ткань. В результате ионизации некоторые из важнейших составных частей клеток, от которых зависит их нормальное функционирование, подвергаются трансформации или разрушению. Вновь образующиеся продукты, кроме того, могут действовать как клеточные яды. Наблюдаемые под действием ионизирующих излучений изменения клеток включают разрыв хромосом, набухание ядра и всей клетки, повышение вязкости протоплазмы, повышение проницаемости клеточной оболочки и разрушение клеток. В дополнение к этим эффектам излучение задерживает процесс деления клетки (митоз). Облученные клетки часто теряют способность к делению, и таким образом подавляются те нормальные процессы восстановления клеток в живом организме, которые необходимы для его деятельности.

Единицы дозы излучения

11.80. Определение единицы дозы излучения, известной под названием рентген, дано в п. 8.21. Судя по определению, эта единица применима лишь к гамма-лучам или рентгеновским лучам и не применима к другим видам ионизирующего излучения, таким как альфа-, бета-частицы и нейтроны. Поскольку рентген определяет специфическое изменение в структуре воздуха в результате прохождения через воздух какого-то количества излучений, в определение рентгена не входит степень его биологического действия. Поэтому рентген, строго говоря, есть единица дозы излучения. Воздействие же на биологическую систему выражается в виде дозы поглощенного излучения. Сравнивая практические результаты биологического воздействия различных видов ионизирующего излучения, можно выразить дозу поглощенного излучения в виде «биологически действенной дозы», которая определяет степень потенциального биологического поражения.

11.81. Доза поглощенного излучения первоначально выражалась в виде единицы, именуемой физическим эквивалентом рентгена (фэр). Эта единица использовалась для определения дозы, равной приблизительно 97 эрг любого вида ядерного излучения на 1 г веса тела; правда, по многим причинам эта единица оказалась неудовлетворительной. Во избежание трудностей, связанных с использованием единицы «фэр», стали применять новую единицу поглощенной дозы излучения, названную «рад». *Рад* определяется как доза поглощения любого ядерного излучения, которая сопровождается выделением 100 эргов энергии в 1 г поглощающего материала. Для мягких тканей разница между единицами «фэр» и «рад» невелика, и числовые значения дозы поглощенного излучения, первоначально выраженные в *фэр*, при преобразовании последних в *рады*, по существу, не меняются.

11.82. Хотя все виды ионизирующего излучения способны дать примерно одинаковый биологический эффект, величина дозы поглощенного излучения (выраженная в радах), вызывающая данный эффект, будет заметно колебаться в зависимости от вида излучения. Это различие в воздействии выражается через так называемый показатель относительной биологической эффективности (ОБЭ) того или иного вида ядерного излучения. Для любого

данного вида ядерного излучения ОБЭ определяется как отношение дозы поглощенного гамма-излучения в *радах* при заданной величине энергии[1] к дозе поглощенного излучения данного вида (в радах) с учетом того, что оба вида излучения имеют одинаковый биологический эффект.

11.83. Значение ОБЭ для любого конкретного вида излучения зависит от целого ряда факторов, включая интенсивность излучения, форму и степень биологического поражения, а также характер рассматриваемого живого организма или ткани. Если говорить о ядерном оружии, то важным критерием является возникновение лучевой болезни и смерть.

11.84. Познакомившись с понятием ОБЭ, полезно ввести еще одну единицу — «бэр» (биологический эквивалент рентгена). Единица «рад» удобна для оценки поглощения энергии, но она не позволяет учитывать биологическое воздействие конкретного вида ядерного излучения. Что же касается единицы «бэр», то значение

$$\text{Доза (бэр)} = \text{ОБЭ} \cdot \text{доза (рад)}$$

позволяет судить о степени биологического поражения данного вида, которое может быть результатом поглощения ядерного излучения. Таким образом, бэр является биологической единицей дозы, рад — единицей дозы поглощения энергии излучения, а рентген (для рентгеновских лучей и гамма-лучей) есть доза излучения.

11.85. Все виды излучения, которые способны прямо или косвенно вызвать ионизацию (или возбуждение), т. е. альфа-частицы, бета-частицы, рентгеновские лучи, гамма-лучи и нейтроны, создают в общем аналогичные виды радиационного поражения. При всем качественном сходстве между этими видами поражения они тем не менее отличаются друг от друга глубиной проникновения в ткани тела и степенью поражения при одной и той же дозе поглощенной энергии. Как было выше указано, это различие выражается при помощи показателя относительной биологической эффективности.

11.86. Для гамма-лучей показатель относительной биологической эффективности по смыслу определения близок к 1, хотя, как уже отмечалось, он может несколько отличаться от единицы в зависимости от энергии излучения. Для бета-частиц ОБЭ также приблизительно равен 1; это означает, что при заданной дозе поглощения энергии живой тканью бета-частицы вызывают такое же поражение, как и рентгеновские лучи или гамма-лучи[2]. Показатель относительной биологической эффективности для альфа-частиц оценивался в пределах от 10 до 20, но полагают, что эта оценка в большинстве представляющих интерес случаев несколько завышена. Для нейтронов, испускаемых при ядерном взрыве, показатель относительной биологической эффективности, при котором возможны острые формы лучевой болезни, в настоящее время принят равным 1, но воздействие на хрусталик глаза (возникновение катаракт) связано со значительно бо́льшим показателем ОБЭ. Иначе говоря, нейтроны способны вызывать катаракты быстрее, чем гамма-лучи.

[1] Поскольку доза излучения в 1р означает поглощение тканями тела 1 рад, при условии что фотоны имеют среднюю энергию порядка 0,3—3 Мэв, доза поглощенного гамма-излучения (рентгеновского излучения) иногда не вполне точно выражается через рентгены.

Следует отметить, что в случае фотонов более высокой или низкой энергии суммарная доза в рентгенах теряет свою простую связь с дозой поглощенного излучения в радах.

[2] Бета-частицы, излучаемые источниками, находящимися на поверхности тела или около него, смогут также вызывать ожоги кожи.

Определение дозы нейтронного излучения

11.87. Чтобы определить дозу поглощения нейтронов, необходимо произвести некоторые расчеты, применив результаты измерений активации фольги, о которых говорилось в п. 8.58. При оценке дозы, полученной в связи с воздействием ядерного взрыва, необходимо знать долю образующихся нейтронов различных энергий, а для этого применяются пороговые детекторы (фольговые детекторы). Измерительные приборы в форме ионизационных камер обычно калибруются на основе показаний фольговых измерителей, а поэтому их тоже можно использовать для определения (в радах) дозы поглощения нейтронов определенной энергии.

11.88. Для определения биологической дозы в бэрах по измеренному значению дозы поглощенного излучения в радах необходимо знать показатель ОБЭ для нейтронов. Поскольку в отношении таких последствий, как острая лучевая болезнь, данные о воздействии на человека нейтронов, испускаемых при ядерном взрыве, для оценки ОБЭ недостаточны, приходится прибегать к опытам над животными. Экспериментальные исследования показали, что показатель ОБЭ изменяется независимо от плотности нейтронов, их энергии, от исследуемой биологической реакции, а также от ряда других факторов. Более того, раз выводы в отношении человека являются следствием экстраполяции результатов экспериментальных исследований на животных, неизбежны, очевидно, некоторые неточности. Тем не менее было установлено, что показатель ОБЭ в отношении острой лучевой болезни близок к 1, и именно это значение принято для рассмотрения приводимых ниже данных о биологической дозе нейтронного излучения[1]. Отсюда следует, что биологическая доза нейтронного излучения в бэрах, вызывающая острую лучевую болезнь, численно равна по-

[1] В специальной литературе значение показателя ОБЭ для нейтронного излучения колеблется в пределах от 1 до 30. Такое колебание связано частично с ошибками в определении дозы поглощенного излучения, а частично с сопоставлением разных биологических воздействий. Так, например, значения показателя ОБЭ при одном и том же режиме облучения весьма различны, если сопоставлять такие последствия, как катаракты и злокачественные изменения крови. Значение показателя ОБЭ равно 1, может быть, и не вполне точно, но, по мнению ряда специалистов, на сегодняшний день оно представляет собой наилучшее приближение.

глощенной дозе в радах, так что соответствующие цифры вполне заменяют друг друга, как и в случае облучения гамма-лучами или бета-частицами.

11.89. На основании исследования энергетического спектра нейтронов начального ядерного излучения установлено, что в виде медленных нейтронов (нейтронов низкой энергии) с энергией менее 1 эв освобождается не более 2% всей энергии нейтронов, которая может быть воспринята в пределах опасной зоны. Действительно, приблизительно 75% дозы нейтронного излучения связано с быстрыми нейтронами, энергия которых превышает 0,75 Мэв. В большинстве представляющих интерес случаев можно считать, что в первом приближении вполне допустимо пренебречь влиянием медленных нейтронов на суммарную дозу излучения. Такое приближение оправдано и тем обстоятельством, что доза поглощенного излучения прямо пропорциональна энергии нейтронов. Следовательно, при расчете дозы поглощенного излучения в радах на основе результатов измерения интегрального нейтронного потока учитываются только нейтроны с энергией выше порога деления ядра плутония-239 (при экранировании бором), т. е. нейтроны с энергией более 200 эв.

11.90. Для получения коэффициентов преобразования нейтронного потока в дозу поглощенного излучения используется теория одного столкновения; в основном эта теория подразумевает, что всю свою энергию нейтрон отдает телу в результате одного лишь столкновения с ядром атома. Этот вывод можно выразить в форме уравнения

$$\text{Доза (рад)} = [(N_1 - N_2) + 2{,}5(N_2 - N_3) + 3{,}2(N_3 - N_4) + 3{,}9N_4] \cdot 10^{-9},$$

где N означает интегральный нейтронный поток в нейтронах на квадратный сантиметр для следующих значений энергии:

N_1 — свыше 200 эв, порог деления плутония-239 (экранирование бором);

N_2 — свыше 0,75 Мэв, порог деления нептуния-237;

N_3 — свыше 1,5 Мэв, порог деления урана-238;

N_4 — свыше 3,0 Мэв, порог активации серы.

При помощи приведенного уравнения и значений разностей $N_1 - N_2$, $N_2 - N_3$, $N_3 - N_4$, полученных из спектра энергии нейтронов, можно найти, что для типичного ядерного взрыва интегральный поток в 1 нейтрон/см^2 эквивалентен дозе поглощенного излучения $1{,}8 \cdot 10^{-9}$ рад, если энергия нейтронов превышает 200 эв.

Доза поглощенного излучения ядерных взрывов

11.91. В главе 8 приводились кривые, представляющие дозы, создаваемые начальным гамма-излучением (в рентгенах) и нейтронами (в нейтрон/см^2) при различной удаленности от эпицентра

взрыва. Ввиду сходства между биологическим воздействием на человека гамма-лучей и нейтронов интересно было бы сопоставить соответствующие биологические дозы и рассмотреть результаты их совместного действия. Пользуясь приводимыми выше коэффициентами, графики 8.27а и 8.61 были преобразованы в график на рис. 11.91, где соответствующие данные приведены в бэрах для воздушного ядерного взрыва мощностью в 1 килотонну. Приводится также кривая суммарной биологической дозы, получившейся в результате добавления величин дозы поглощенного начального гамма-излучения и дозы поглощенного начального нейтронного излучения на различных расстояниях от эпицентра. Хотя дозу ядерного излучения нельзя считать, строго говоря, пропорциональной мощности взрыва, но для получения общей картины пользоваться таким определением можно.

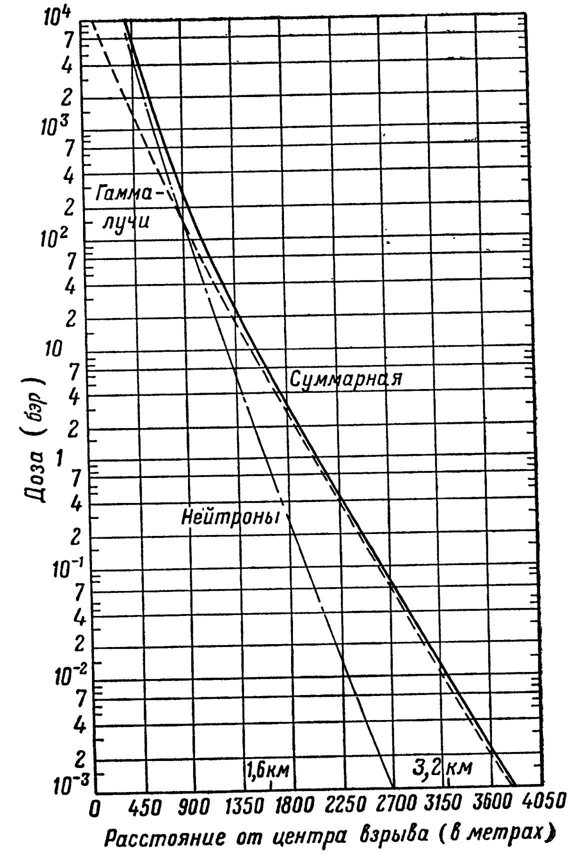


Рис. 11.91. Зависимость величины дозы начального гамма-излучения и нейтронов от расстояния от центра взрыва (для воздушного взрыва мощностью 1 килотонна)

11.92. Рассмотрение кривых дозы поглощенного гамма-излучения и дозы нейтронного излучения показывает, что вблизи эпицентра взрыва доза нейтронного излучения выше. Но по мере удаления от эпицентра уменьшение дозы излучения нейтронами происходит более резко, а поэтому на определенном расстоянии от эпицентра взрыва доля гамма-излучения становится больше. В конечном итоге доза нейтронного излучения становится ничтожно малой по сравнению с гамма-излучением. В пределах зоны заметного биологического воздействия нейтронное излучение имеет существенное значение лишь при взрывах небольшой мощности. При взрывах средней и

большой мощности относительно большее значение имеет гамма-излучение.

11.93. На рис. 11.93 приводятся данные о расстояниях от эпицентра взрыва, на которых при взрывах различной мощности суммарная доза начального ядерного излучения (гамма-излучения и нейтронов) составит 100, 500 и 1000 бэр. Чем выше доза излучения, т. е. чем ближе к эпицентру взрыва, тем выше доля нейтронного излучения в суммарной дозе. Это объясняется, как это видно из графика 11.91, тем обстоятельством, что при заданной мощности взрыва вблизи эпицентра доля нейтронного излучения больше доли гамма-излучения, тогда как на большем расстоянии от эпицентра взрыва дело обстоит наоборот. Характер начального ядерного излучения в данном районе определяется, таким образом, дальностью от эпицентра взрыва и его мощностью.

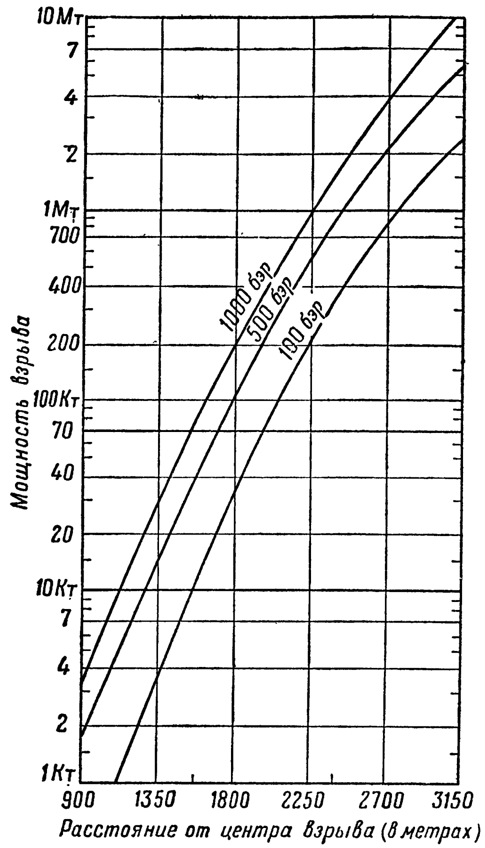


Рис. 11.93. Зависимость расстояния, на котором доза излучения составляет 100, 500 и 1000 бэр, от мощности взрыва

Ионизирующее (фоновое) излучение

11.94. Рассматривая возможное воздействие гамма-излучения внешних по отношению к телу источников, следует различать так называемое острое облучение (мгновенное облучение) и хроническое облучение (продолжительное облучение). При остром облучении организм получает всю дозу в течение сравнительно небольшого промежутка времени. Так обстоит дело, например, при поражении под действием начального ядерного излучения. Трудно дать точное определение того промежутка времени, которое соответствует острому облучению, но можно считать, хотя и несколько произвольно, что доза острого облучения соответствует суточной дозе. Хотя остаточное излучение сохраняет

свое воздействие гораздо дольше, именно в первые сутки организм подвергается облучению, которое и считается острым. Что же касается тех лиц, которые входят в район заражения спустя сутки после взрыва или позднее, то облучение их считается хроническим.

11.95. Важность разграничения острого и хронического облучения связана с тем, что при определенных не очень высоких значениях интенсивности излучения организм в состоянии частично излечиваться от некоторых последствий облучения даже тогда, когда облучение еще продолжается. Так, за исключением некоторых рассмотренных выше биологических эффектов, одна и та же степень радиационного поражения под действием гамма-лучей наблюдается при бóльших значениях суммарной дозы хронического облучения, чем при облучении за 1—2 минуты.

11.96. Все живые существа всегда подвергаются ионизирующему излучению под действием различных природных источников, которые имеются как внутри, так и вне тела. Такого рода хроническое облучение продолжается в течение всей жизни. Основным внутренним источником излучения является радиоактивный изотоп калий-40, который входит в состав природного калия. Радиоактивным является также и углерод-14, но он представляет собой лишь небольшой источник внутреннего излучения. Некоторое количество калия-40, радиоактивного урана, тория и радия содержится в почвах и породах. Другим важным источником ионизирующего излучения являются так называемые космические лучи. Доза излучения под действием космических лучей возрастает с высотой приблизительно до 27 км; на высоте 4,5 км она выше дозы на уровне моря более чем в 5 раз. Высокая интенсивность излучений, которая отмечается внутри поясов Ван Аллена, не влияет на интенсивность фонового излучения на земле.

11.97. В таблице 11.97 приводятся расчетные данные о суммарной дозе облучения, получаемой в течение года под действием чисто природных источников (в миллибэрах). Доза облучения легких человека, вызываемая содержащимся в атмосфере радиоактивным газом радоном, зависит от типа здания, качества вентиляции и состояния атмосферы. Так, например, в материале кирпичных и бетонных сооружений содержится больше природных радиоактивных веществ, чем в дереве, а поэтому при распаде их образуется больше радона.

11.98. Из данных таблицы 11.97 следует, что при средней продолжительности жизни все тело человека в течение жизни получает суммарную дозу естественного излучения приблизительно в 10 бэр и даже больше. Кроме того, он получает некоторую дозу излучения во время рентгенографии зубов, грудной клетки и во время ряда других аналогичных процедур, а также от люминесцентных циферблатов часов и измерительных приборов.

Таблица 11.97

Расчетная доза естественного излучения за 1 год

Источник облучения	Доза (в миллибэрах)			
	мягкие ткани	легкие	костная ткань	костный мозг
Космические лучи:				
на уровне моря	30	30	30	30
на высоте 1500 м	70	70	70	70
Наземные источники	50	50	50	50
Внутренние источники излучения:				
калий-40	20	20	9	9
углерод-14	2	2	2	2
радон	2	100—1000	2	2
радий	—	—	40	[1]

Концентрация радиоактивности и нормы защиты от ядерных излучений

11.99. Как отмечалось выше, люди непрерывно подвергаются ионизирующему излучению под действием как внутренних, так и внешних источников. Отсюда следует, что существует такая определенная доза хронического облучения, которая не препятствует естественному восстановлению функций, т. е. которая не вызывает каких-либо заметных функциональных изменений. Не существует пока вполне определенных представлений относительно этой дозы хронического облучения; что же касается облучения применяемыми в промышленности радиоактивными веществами, то в отношении их необходимо располагать расчетными данными на основе самых новейших и надежных сведений.

11.100. За последние годы сделано многое для определения критериев, которыми можно было бы пользоваться для прогнозирования поражений, обусловленных облучением различными радиоактивными веществами. В 1960 году в США изданы нормы концентрации радиоактивности, касающиеся содержания наиболее важных изотопов в воде и в воздухе. Эти нормы предназначаются для защиты лиц, которые по роду работы часто подвергаются облучению радиоактивными веществами. На основании существующих представлений можно утверждать, что соблюдение норм гарантирует работника от сколько-нибудь значительной опасности облучения; иными словами, опасность поражения в этом случае будет не намного выше той опасности, которая считается приемлемой на других участках производства. Нормы распространяются на различные виды деятельности в условиях мирного времени и, в общем, соответствуют ранее действовавшим нормам «максимально допустимых концентраций».

[1] Не установлена, но, по-видимому, невелика.

11.101. Термин «максимально допустимая концентрация» был не точен, поскольку его можно было понимать таким образом, что доза излучения ниже этой нормы гарантирует полную безопасность от радиационного поражения, а доза излучения выше нормы должна непременно иметь вредные последствия. Именно из-за этой ложной концепции и были эти нормы заменены нормами концентрации радиоактивности. В аварийных случаях, например во время ядерных испытаний, в связи с несчастным случаем на производстве, где используются радиоактивные изотопы, доза излучения может быть и выше нормативной.

11.102. В связи с растущим применением ядерной энергии как в мирных, так и в военных целях многие люди в процессе работы стали получать дозы облучения, которые превышают дозу фонового излучения. Для защиты лиц, которые по роду работы связаны с радиоактивными веществами, установлены нормы защиты от ядерных излучений, согласно которым любой работник в возрасте от 18 лет не должен получать более 5 бэр в год (т. е. в среднем приблизительно 0,1 бэр в неделю), причем доза облучения за последующие 13 недель не должна превышать 3 бэр. Рекомендуется также, чтобы при внешнем облучении доза от радиоактивных материалов, которые находятся вне производственного участка, не превышала 0,5 бэр в год; при внутреннем облучении доза должна быть не больше 0,1 от нормы профессионального облучения. Эти нормы не предусматривают влияния облучения, получаемого во время медицинских процедур диагностического и терапевтического характера. Нормы могут периодически дополняться в связи с появлением новых данных о влиянии различных источников ионизирующего излучения на живые организмы.

11.103. Считается, что нормы защиты от ядерных излучений, рекомендованные для промышленных предприятий, несколько завышены в целях безопасности. Действительно, у ряда лиц, которые получили значительно большие дозы ядерного облучения, не наблюдаются какие бы то ни было признаки постоянного поражения. Все же не следует забывать, что облучение в большой дозе как хроническое, так и острое способно вызвать серьезное поражение и даже смерть.

Общее действие радиоактивного излучения

11.104. Действие ядерных излучений на живые организмы зависит не только от общей дозы, но и от продолжительности облучения (от того, является ли облучение острым или хроническим), а также от размеров конкретного участка тела, подвергшегося облучению. Некоторые явления, связанные с облучением, например генетическое действие излучения, по-видимому, зависят только от общей дозы излучения и не зависят от времени, в течение которого оно воспринимается организмом. Другими словами, повреждения воспроизводительных клеток, вызываемые излучением,

имеют свойство аккумулироваться. Однако в большинстве случаев биологическое действие данной общей дозы излучения снижается при увеличении времени облучения. Так, доза в 1000 бэр окажется смертельной при однократном воздействии на все тело. Но такая же доза не вызовет смерти и выраженных расстройств в организме, если она будет постепенно воспринята организмом в течение 30 лет.

11.105. Тяжесть поражения при одной и той же дозе излучения зависит от размеров и характера части тела, которая подверглась облучению. Объясняется это тем, что, когда облучение ограничено по площади, оставшиеся необлученными участки тела могут способствовать восстановлению поврежденного участка. Но если облучению подвергнется весь организм, то поражаются многие органы и восстановление здоровья значительно затрудняется.

11.106. Различные части тела имеют различную чувствительность к воздействию ионизирующего излучения, хотя и имеются колебания в степени чувствительности у отдельных индивидуумов. Наиболее чувствительными к воздействию радиоактивного излучения являются лимфоидная ткань, костный мозг, селезенка, органы размножения и желудочно-кишечный тракт. Средней чувствительностью обладают кожа, легкие, почки и печень. Мышцы, нервы и полностью сформировавшиеся кости наименее чувствительны.

Действие острых доз облучения

11.107. До применения ядерного оружия в Хиросиме и Нагасаки поражения радиоактивным излучением были редкими, и сравнительно мало было известно о явлениях, связанных с облучением всего тела и радиационным поражением. В Японии, однако, многие жители подверглись воздействию ядерного излучения в дозах от незначительных до смертельных. Действие излучения часто сочеталось с другими видами поражений и шоком, так что симптомы лучевой болезни не всегда могли быть изолированы. Кроме того, ввиду большого количества пораженных и отсутствия надлежащих средств помощи детальные наблюдения за пораженными и ведение точных записей были невозможны. Тем не менее на основе данных, собранных после ядерных взрывов в Японии, были сделаны важные заключения относительно действия ядерного излучения на организм человека.

11.108. После 1945 года новые данные по этому вопросу были получены и из других источников. Этими источниками являлись аварии в лабораториях, опубликованные в печати результаты радиотерапевтического лечения, а также опыты над животными. Однако наиболее детальные данные были получены при тщательном изучении воздействия излучения от продуктов ядерного взрыва, выпавших после опытного взрыва на Маршальских островах 1 марта 1954 года. Действию излучения подверглись жители Маршальских островов и небольшая группа американских служащих. Полученные ими дозы облучения находятся в пределах от сравнительно малых значений (14 бэр), при которых не было замечено явных симптомов болезни, до значений порядка 175 бэр. В последнем случае облучение повлекло за собой заметные изменения в кроветворных органах.

11.109. Не существует ни одного источника, который бы непосредственно связывал физическую дозу ионизирующего излучения с его клиническим воздействием на человека. Поэтому не существует и точного представления в отношении оценки воздействия ионизирующего излучения в той или иной конкретной дозе. В прошлые годы делались попытки увязать некоторые конкретные симптомы с определенными дозами излучения; эти данные, однако, не отличаются полнотой и осложняются рядом дополнительных факторов, которые затрудняют их интерпретацию. Например, наблюдения в Японии в течение первых двух недель после взрыва носили поверхностный характер, так как люди страдали в это время от недоедания и от ранее приобретенных инфекционных заболеваний бактериального и паразитического происхождения. Впоследствии заболевание у таких людей часто ошибочно приписывалось воздействию ионизирующего излучения, хотя оно могло и не быть действительной причиной заболевания. Состояние больных под действием излучения могло ухудшиться, но установить меру ухудшения впоследствии было уже невозможно.

11.110. Следует отметить, что в результате попытки установить зависимость воздействия ионизирующего излучения от величины дозы были получены вполне достоверные данные относительно последствий излучения дозами до 200 бэр. Для дозы излучения порядка 200—600 бэр объем сведений о воздействии ионизирующих излучений на человека резко уменьшается, и эти данные приходится восполнять, распространяя на человека результаты экспериментов с животными. Тем не менее полученные выводы можно считать более или менее достоверными. Что же касается доз излучения свыше 600 бэр, то наблюдения над человеком носят в этом случае совершенно случайный характер, а поэтому сопоставление дозы излучения и ее клинического эффекта приходится проводить на основе результатов опытов над животными или при помощи гипотез, которые выдвигаются в связи с этими опытами.

11.111. Учитывая все эти соображения, таблицу 11.111 следует считать наиболее удачной попыткой обобщения клинических эффектов облучения человеческого тела в целом. При дозе менее 100 бэр реакция организма не носит ярко выраженного характера (субклинический эффект); иначе говоря, заболевания, требующего специальной помощи, в этом случае нет. Тем не менее некоторые изменения крови могут иметь место. При дозе облучения от 100 до 1000 бэр терапевтическое лечение обеспечивает излечение, а в случае большей дозы может оказаться безуспешным. Первоначальными симптомами лучевой болезни являются тошнота и рвота, ко-

торые возникают через 1—3 часа после облучения и сопровождаются недомоганием, потерей аппетита и появлением чувства утомления. Наиболее важным, хотя и не сразу очевидным, последствием является в пределах рассматриваемой дозы облучения поражение кроветворных органов. Важным проявлением функциональных нарушений является лейкопения, т. е. уменьшение содержания лейкоцитов (белых кровяных телец). Выпадение волос (эпиляция) происходит приблизительно через 2 недели после получения дозы более 300 бэр.

11.112. Учитывая возможность нескольких степеней лучевой болезни и неодинаковую чувствительность различных лиц к воздействию излучения в пределах дозы от 100 до 1000 бэр, представляется удобным разделить всех пострадавших на три группы, как это сделано в таблице 11.111. В случае получения телом человека дозы до 200 бэр обычно нет необходимости в госпитализации, если полученная доза превышает 200 бэр, пострадавшего необходимо поместить в больницу и оказать ему всю ту помощь, которая представляется необходимой. Если доза облучения не превышает 600 бэр, то можно более или менее уверенно предсказать клиническое течение заболевания и надеяться на положительный исход лечения; если же доза облучения превышает 600 бэр, то ждать определенных результатов и предвидеть реакцию организма довольно трудно.

11.113. После получения более 1000 бэр пострадавший имеет столь незначительные шансы на выздоровление, что предлагаемая помощь, вероятно, ограничится мероприятиями, направленными на облегчение течения болезни. Тем не менее было бы интересно разделить этот диапазон летальных доз на две части, которые отличаются типовыми клиническими показаниями. Указанная в таблице 11.111 линия разграничения на 5000 бэр взята несколько произвольно, но можно считать, учитывая ограниченность данных наблюдения над человеком, что она колеблется в пределах от 2000 до 6000 бэр. При дозе облучения от 1000 приблизительно до 5000 бэр наиболее существенные патологические изменения наблюдаются в области желудочно-кишечного тракта, тогда как при дозе выше 5000 бэр больше всего страдает центральная нервная система.

11.114. В связи с возможным сочетанием радиационных поражений и поражений иного характера можно ожидать увеличения числа случаев шока. Так, например, при сочетании несмертельной дозы облучения со световым ожогом средней тяжести шок наступает быстрее и носит более опасный характер, чем под действием одних лишь ожогов. В связи с ослаблением иммунитета к различным источникам вторичной инфекции и воздействием ряда других факторов замедляется и процесс излечения всевозможных ран. Действительно, в этом случае организм человека может не справиться с инфекциями, которые в обычных условиях он способен преодолеть.

Таблица 11.111

Сводная таблица клинических эффектов острого облучения

Доза облучения	0—100 бэр	100 — 1000 бэр терапевтическая доза			Свыше 1000 бэр летальная доза	
		100 — 200 бэр	200 — 600 бэр	600 — 1000 бэр	1000 — 5000 бэр	свыше 5000 бэр
	субклиническая доза	клиническое наблюдение	лечение эффективно	излечение возможно	паллиативная терапия	
Рвота	Нет	100 бэр : 5% 200 бэр : 50%	300 бэр : 100%	100%	100%	
Время после облучения	—	3 часа	2 часа	1 час	30 мин	
Основной орган	Нет	Кроветворные органы			Желудочно-кишечный тракт	Центральная нервная система
Типовые симптомы	Нет	Лейкопения средней тяжести	Тяжелая форма лейкопении; пурпура (мелкие кровоизлияния); геморрогия (кровотечение); инфекция. Выпадение волос при дозе свыше 300 бэр		Диаррея; лихорадочное состояние; нарушение электролитического баланса	Конвульсии; дрожание конечностей; атаксия; летаргическое состояние
Критический период	—	—	От 4 до 6 недель		От 5 до 14 дней	До 2 суток

Продолжение таблицы 11.111

Доза облучения	0—100 бэр	100 — 1000 бэр терапевтическая доза			Свыше 1000 бэр летальная доза	
	субклиническая доза	100 — 200 бэр	200 — 600 бэр	600 — 1000 бэр	1000 — 5000 бэр	свыше 5000 бэр
		клиническое наблюдение	лечение эффективно	излечение возможно	паллиативная терапия	
Лечение	Психотерапия	Психотерапия; наблюдение над составом крови	Переливание крови; антибиотики	Возможна пересадка костного мозга	Поддержание электролитического баланса	Успокаивающие средства
Возможность излечения	Полная	Полная	Весьма удовлетворительная	Удовлетворительная	Практически маловероятная	
Период выздоровления	Нет	Несколько недель	1—12 месяцев	Длительный	—	
Возможность смертельного исхода	Нет	Нет	0—80%	80—100%	90—100%	
Время наступления смерти	—	—	2 месяца		2 недели	2 дня
Причина смерти	—	—	Кровотечение; инфекция		Нарушение кровообращения	Прекращение дыхания, отек мозга

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ВСЕГО ТЕЛА

Поражающее действие излучения в дозах 25—100 бэр (заболевания нет)

11.115. Однократное облучение всего тела, если доза составляет 25—100 бэр, вызывает лишь изменения в крови. Эти изменения обычно не имеют места при дозе излучения менее 25 бэр, а при облучении дозой менее 50 бэр они не являются регулярными. Утраты трудоспособности не происходит, а потому пострадавшие могут продолжать работу.

Поражающее действие излучения в дозах 100—200 бэр (заболевания нет или легкая форма заболевания)

11.116. Если доза облучения, полученная всем телом, составляет 100—200 бэр, то имеет место легкая форма лучевой болезни, которая в большинстве случаев заканчивается выздоровлением. Действию таких доз подвергались жители Хиросимы и Нагасаки, особенно находившиеся на более или менее значительном расстоянии от эпицентра. Из 267 человек, подвергшихся облучению от выпавших радиоактивных продуктов испытательного взрыва на Маршальских островах 1 марта 1954 года, 64 человека также получили дозу порядка 100—200 бэр. Необходимо отметить, что в последнем случае, строго говоря, облучение не являлось острым, так как воздействие излучения продолжалось примерно 45 часов. Вместе с тем следует учесть, что более половины дозы облучения было получено пострадавшими в течение первых 24 часов, и симптомы поражения, несомненно, были аналогичны симптомам острого облучения такой же дозой.

11.117. Лучевая болезнь при получении организмом дозы 100—200 бэр не является сколько-нибудь серьезной проблемой, поскольку большинство пациентов страдает лишь от небольшого недомогания и ощущения усталости, а у других вообще никаких симптомов наблюдаться не будет. В первый-второй день после облучения обычно отмечается небольшая тошнота и рвота, а затем следует скрытый период, который может продолжаться свыше 2 недель; в течение этого времени пострадавший не теряет трудоспособности и может продолжать свою обычную трудовую деятельность. Обычные симптомы, такие, как потеря аппетита, плохое самочувствие, могут появиться вновь, но лишь в ослабленной форме. Изменения крови в связи с облучением наблюдаются во время скрытого периода и в течение некоторого времени сохраняются. В случае отсутствия осложнений из-за каких-либо иных поражений или под действием инфекции практически во всех случаях можно надеяться на выздоровление. Вообще говоря, чем тяжелее форма проявления симптомов ранней стадии лучевой бо-

лезни, тем дольше протекает процесс выздоровления. Надлежащий уход и применение антибиотиков при наличии клинических к тому показаний может значительно ускорить полное выздоровление даже в самых серьезных случаях лучевой болезни, которые при таком облучении встречаются весьма редко.

Поражающее действие излучения в дозах 200—1000 бэр (заболевание не всегда приводит к смерти)

11.118. После получения дозы от 200 до 1000 бэр вероятность смерти невелика, если доза близка к 200 бэр, и велика, если доза близка к 1000 бэр. Первичные симптомы поражения бывают такими же, как при обычной лучевой болезни, т. е. тошнота, рвота, диаррея, потеря аппетита и чувство недомогания. Чем больше полученная доза, тем быстрее появляются эти симптомы, но обычно они наблюдаются уже в первый день после облучения. Через 1—2 дня эти симптомы исчезают и наступает скрытый период болезни продолжительностью до 2 недель, в течение которых больные чувствуют себя относительно хорошо, хотя в крови у них в это время происходят глубокие изменения; затем наблюдается рецидив симптомов, включая лихорадочное состояние, диаррею и скачкообразное повышение температуры, которое может быть связано с инфекцией.



Рис. 11.119. Пример выпадения волос у человека, подвергшегося облучению

11.119. Со второй или третьей недели после облучения отмечается тенденция к развитию кровоизлияния в различные органы, а также к подкожным кровоизлияниям. Эта тенденция может носить четко выраженный характер. Особенно часто наблюдаются спонтанные кровотечения во рту и по ходу желудочно-кишечного тракта. Из-за кровоизлияния в почки в моче может появляться кровь. Кровоизлияния связаны в основном с уменьшением содержания тромбоцитов в крови и последующим нарушением механизма свертывания крови. Выпадение волос, которое является ярким проявлением

лучевой болезни при получении дозы более 300 бэр, начинается через две недели непосредственно после скрытого периода (рис. 11.119).

11.120. Серьезным осложняющим фактором является ослабление сопротивляемости инфицированию ран, ожогов и других разрывов ткани. Инфекция в значительной степени объясняется уменьшением количества лейкоцитов и заметным подавлением иммунологической активности организма. В результате благоприятных условий для развития микробов, которые возникают в связи с недостаточностью лейкоцитов и нарушением иммунологического механизма, наблюдается подавляющее развитие инфекции.

11.121. В ряде случаев лучевой болезни у японцев к концу первой недели после облучения наблюдалось спонтанное внутреннее кровоизлияние. Нередко оно сопровождалось также образованием отека и воспалительным процессом в горле. Развитие острой лучевой болезни у японцев сопровождалось повышением температуры, которое может быть связано со вторичной инфекцией. На пятый — седьмой день после облучения, а иногда и на третий день отмечалось скачкообразное повышение температуры, наблюдавшееся обычно до самой смерти.

11.122. В наиболее серьезных случаях лучевой болезни отмечалось тяжелое истощение и бредовое состояние, а через 2—8 недель наступала смерть. Патологоанатомическое исследование показало уменьшение размеров и дегенеративные изменения ткани половых желез. В некоторых случаях наблюдается также и изъязвление слизистой оболочки прямой кишки, что обычно связано с облучением дозой 1000 бэр и более.

11.123. Те японцы, которые оставались в живых 3—4 месяца после облучения и не умерли от туберкулеза, легочных и других осложнений, постепенно выздоравливали. У выздоровевших выпадение волос, по-видимому, прекращалось, а проводившееся через 3—4 года после бомбардировки обследование 824 пострадавших показало, что состав их крови практически почти не отличался от состава крови у контрольной группы лиц из города, который не подвергся бомбардировке.

Поражающее действие излучения в дозах свыше 1000 бэр (летальная доза)

11.124. Получение организмом очень высоких доз (приблизительно 5000 бэр и выше) ведет к быстрому поражению центральной нервной системы. Симптомами такого поражения являются перевозбуждение, атаксия (отсутствие координации движений), расстройство дыхания и временами оцепенение. Почти немедленно наступает состояние полного упадка сил, которое заканчивается смертью через несколько часов или дней (до одной недели) после облучения. Если доза облучения находится в пределах от 1000 до 5000 бэр, то самые ранние симптомы поражения отмечаются со стороны органов пищеварения. Затем обычно появляются при-

ступы тошноты и рвоты, за которыми более или менее быстро развивается прострация, диаррея, анорексия (отсутствие аппетита и отвращение к пище) и повышенная температура. Как видно из полученных в Японии данных, диаррея у пораженных является частым явлением и носит тяжелый характер; стул бывает вначале водянистым, а позднее имеет тенденцию переходить в кровавый. Это, однако, может быть связано с предшествующим заболеванием.

11.125. Чем раньше развиваются отмеченные выше симптомы лучевой болезни, тем вероятнее смертельный исход. Хотя болевых ощущений в течение первых нескольких дней может не быть, больные испытывают чувство неудобства и беспокойства, сопровождающееся заметной депрессией и общим утомлением. В некоторых случаях при меньшей дозе облучения за ранней стадией тяжелой лучевой болезни следует так называемый скрытый период в 2—3 (или более) дня, в течение которых у больного не проявляется внешних симптомов поражения, хотя в организме происходят глубокие изменения, особенно в тканях кроветворных органов. После скрытого периода болезни следует рецидив прежних симптомов, часто сопровождающийся бредом или коматозным состоянием и заканчивающийся смертью обычно в пределах двух недель.

Влияние излучения на клетки крови

11.126. Среди биологических последствий однократного облучения всего тела наиболее характерными, по-видимому, являются изменения в крови и кроветворных органах. Эти изменения обычно наблюдаются при дозе облучения более 25 бэр. Много сведений о гематологической реакции человека на облучение было получено после ядерных взрывов в Японии, а также из анализа несчастных случаев в лабораториях. Положение, которое создалось на Маршальских островах в марте 1954 года, позволило очень тщательно изучить действие малых и умеренных доз облучения (до 175 бэр включительно) на кровь человека. Приведенные ниже сведения по рассматриваемому вопросу в основном согласуются с данными, полученными в Японии, но они основаны в большей мере на материалах обследования жителей Маршальских островов.

11.127. Одним из наиболее ярких симптомов изменения крови в результате воздействия радиоактивных излучений является уменьшение количества лейкоцитов. К числу их относятся нейтрофилы, образующиеся в основном в костном мозге, которые играют большую роль в сопротивлении организма болезнетворным микробам. Во время некоторых инфекционных заболеваний количество нейтрофил увеличивается, так как они требуются для борьбы с вторгающимися микроорганизмами. Потеря способности бороться с вторжением микробов, независимо от того, вызвана ли она облучением или каким-либо другим поражением, очень серьезна, так

как в результате ее микробы могут быстро размножаться, что ведет к серьезным последствиям. Имеются различные виды лейкоцитов с различными специализированными функциями, но все они обладают общей для них способностью сопротивления инфекции, удаления токсических продуктов из организма или тем и другим.

11.128. После облучения в сублетальных (несмертельных) дозах (около 200 бэр или менее) количество лейкоцитов в первые 1—2 дня повышается, а затем падает ниже нормального уровня. В последующие 5—6 недель содержание лейкоцитов колеблется, не снижаясь до минимальных значений, а иногда превышая норму. В течение седьмой или восьмой недели количество лейкоцитов стабилизируется на низком уровне и примерно в это же время достигает своего минимума. В последующие недели наблюдается тенденция к повышению их содержания, но для возвращения к норме может потребоваться несколько месяцев.

11.129. Содержание нейтрофил изменяется пропорционально изменению общего числа белых кровяных телец, так что первоначальное увеличение количества последних, по-видимому, должно быть отнесено за счет мобилизации нейтрофил. Полного возвращения количества нейтрофил к норме не наблюдается в течение нескольких месяцев.

11.130. В противоположность нейтрофилам количество лимфоцитов, которые вырабатываются в лимфоидной ткани, и в частности в лимфатических узлах и селезенке, вскоре после облучения резко падает. В течение нескольких месяцев количество лимфоцитов остается ниже нормы, и восстановление нормального количества лимфоцитов может потребовать многих месяцев и даже лет. Если судить по полученным в Японии данным, то через три или четыре года после облучения содержание лимфоцитов у облученных существенно не отличалось от их содержания у людей, не подвергавшихся воздействию ядерного излучения.

11.131. Важным изменением в крови облученных является уменьшение количества кровяных пластинок — составной части крови, имеющей большое значение в процессе ее свертывания. В отличие от лейкоцитов количество кровяных пластинок начинает уменьшаться сразу же после облучения, падает неуклонно и у пораженных сублетальными дозами радиации достигает минимума примерно к концу первого месяца. После уменьшения количества кровяных пластинок наступает частичное выздоровление, но восстановление количества пластинок до нормы протекает медленно и занимает несколько месяцев и даже лет после облучения. Снижением содержания пластинок в крови может быть частично объяснено появление при лучевой болезни кровотечений и пурпуры.

11.132. После облучения и в результате кровотечений в крови снижается также содержание эритроцитов (красных кровяных телец), вследствие чего появляются симптомы анемии, например бледность. Однако изменение в количестве эритроцитов не так резко выражено, как изменение в количестве белых кровяных те-

лец и пластинок, особенно при дозах в пределах от 200 до 400 бэр. Если белые кровяные тельца и пластинки быстро реагируют на облучение, то количество эритроцитов в течение первых нескольких дней мало изменяется или совсем не изменяется. В последующем наблюдается уменьшение их количества, которое может продолжаться на протяжении двух — трех недель, после чего у оставшихся в живых отмечалось постепенное увеличение количества эритроцитов.

11.133. В качестве показателя тяжести поражения, в особенности при сублетальных дозах, содержание в крови нейтрофил имеет ограниченное значение, так как этот показатель может колебаться в широких пределах и становится наиболее резко выраженным лишь через несколько недель после облучения. В этом отношении большую ценность представляют данные о количестве лимфоцитов, особенно при низких дозах облучения, поскольку количество их уменьшается уже через несколько часов. Однако следует отметить, что разница в степени снижения содержания лимфоцитов при высоких и низких дозах облучения относительно невелика.

11.134. Уменьшение количества кровяных пластинок после облучения имеет закономерный характер, и минимальное их содержание у пораженных сублетальными дозами отмечается приблизительно через одно и то же время после облучения. Далее, при упомянутых дозах облучения степень уменьшения содержания пластинок по сравнению с нормой, в общем, пропорциональна расчетной дозе облучения. Исходя из этого, можно сказать, что подсчет количества пластинок может служить удобным и относительно простым методом определения серьезности поражения при дозах облучения в пределах сублетальных. Основной недостаток этого способа заключается в том, что значительное снижение количества пластинок отмечается только по истечении некоторого времени после облучения.

ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Введение

11.135. Некоторые последствия воздействия излучения на организм могут проявиться только через несколько лет после облучения. Кроме генетических факторов такими последствиями могут быть образования катаракт, сокращение срока жизни, лейкемия, другие формы злокачественных заболеваний и задержка в развитии детей, облученных в утробе матери. Данные относительно отдаленных последствий облучения были получены в результате длительного изучения материалов о взрывах в Японии.

11.136. Более поздние последствия радиоактивного облучения, например более острые реакции, наблюдаемые через несколько недель или месяцев после облучения, являются результатом тех изменений в клетках и тканях, которые произошли в период облучения. Если пострадавший от облучения остается в живых после появления острых симптомов лучевой болезни, то клетки могут полностью восстановиться, но они не всегда возвращаются к норме. Тем не менее остаются неизвестными многие причины возникновения отдаленных последствий, хотя на этот счет и существует много разных теорий.

Катаракты

11.137. У жителей Хиросимы и Нагасаки, находившихся во время взрывов в радиусе около 900 м от эпицентра взрыва, было зарегистрировано более 100 случаев незначительного помутнения хрусталика без существенного нарушения зрения. Только у небольшого числа пострадавших непрозрачность хрусталика была достаточно серьезной и требовала операции. Изученные катаракты аналогичны катарактам, возникающим в результате воздействия на глаза больших доз рентгеновских и гамма-лучей, поэтому причиной их, вероятно, явилось первичное ядерное излучение. Быстрые нейтроны по сравнению с гамма-лучами обладают высокой биологической активностью, вызывающей помутнение хрусталика, и именно этот вид излучения, по-видимому, является основной причиной имевших место в Японии случаев катаракт.

11.138. Большая часть людей, находившихся на таком же расстоянии от эпицентра взрыва, как и те лица, которые имели катаракты, умерли от световых ожогов, механических травм или лучевой болезни. Следовательно, наиболее вероятно, что все (или почти все) пережившие взрыв, у которых позднее образовались катаракты, подверглись воздействию по меньшей мере умеренных доз излучения. Это подтверждается также тем, что практически у всех лиц, имевших катаракты, отмечалось полное, но временное выпадение волос, а у многих возникали характерные симптомы лучевой болезни.

Сокращение срока жизни под действием облучения

11.139. Результаты лабораторных экспериментов с животными показывают, что кроме лейкемии и других злокачественных заболеваний отдаленным последствием радиоактивного облучения всего тела может быть и сокращение продолжительности жизни. Такое сокращение срока жизни является, возможно, результатом проявления целого ряда факторов, включая ослабление иммунологических реакций, поражение соединительной ткани и процессы преждевременного старения. Сокращение срока жизни того или иного животного, по-видимому, определяется такими особенностями, как генетическая история облученного животного, возраст и физическое состояние в период облучения.

11.140. В 1960 году проводилось обследование большой группы жителей Хиросимы и Нагасаки, задачей которого было получение

данных о преждевременном старении лиц, оставшихся в живых после ядерных взрывов. Результаты обследования показывают, что в настоящее время нельзя считать доказанным утверждение о появлении после ядерного взрыва неспецифических признаков старения, в частности старческих изменений кожи и волос. Но пока еще невозможно сделать какие-либо окончательные выводы в отношении проблемы влияния радиоактивного облучения на срок жизни людей.

Лейкемия

11.141. Изучение данных о последствиях хронического облучения средними дозами показало, что облучение может явиться причиной лейкемии — заболевания, связанного с повышением количества белых кровяных телец. По данным обследования лиц, которые остались в живых после ядерных взрывов в Японии, установлена возможность заболевания лейкемией в связи с однократным (острым) облучением. Первые данные об увеличении количества заболеваний лейкемией среди жителей Хиросимы и Нагасаки относятся к 1947 году. Количество заболеваний достигло максимума в 1950—1952 годах, а в последующие годы оно уменьшилось.

11.142. Практически все случаи лейкемии, которые могли быть отнесены за счет облучения ввиду наличия других симптомов лучевой болезни, наблюдались среди людей, находившихся в зоне радиусом около 1400 м от эпицентра взрыва. В этом районе минимальная суммарная доза облучения, по-видимому, приближалась к 400—500 бэр, но полученная тканями тела доза была, вероятно, меньше.

11.143. В результате обследования пострадавших от облучения жителей Японии было установлено, что больше всего участились заболевания хроническим гранулоцитозом. Можно предположить существование непосредственной связи между дозой облучения и высокой интенсивностью излучения, с одной стороны, и вероятностью заболевания лейкемией — с другой. Кроме того, отмечалась также тенденция к развитию этого заболевания среди более молодых пострадавших.

11.144. Кроме исследования влияния излучения на заболевание лейкемией, которое проводилось по данным о пострадавших в Японии, изучались также и некоторые другие факторы возникновения этого заболевания, хотя в отношении интерпретации некоторых из них имеется много неясного. Изучение данных о смертности среди врачей-рентгенологов показывает, что лейкемия чаще встречается среди лиц этой профессиональной группы, чем среди врачей в целом; но существуют и иные возможности интерпретации данных, из которых вытекают совершенно противоположные выводы. Более четко удалось проследить связь между облучением большими дозами и лейкемией или апластической анемией при радиологическом лечении ревматического спондилита, когда облучение затрагивало спинной мозг. И все же следует отметить, что

из 17 000 подвергшихся облучению лиц только в 49 случаях отмечалось появление этих двух заболеваний. Высказывалось также предположение, что увеличение количества случаев лейкемии у детей связано с сильным облучением головы и шеи при лечении щитовидной железы. По данным этого же исследования, более четко установлена связь облучения с последующим развитием рака щитовидной железы. До 1960 года включительно во всем мире зарегистрировано лишь 226 случаев лейкемии, которые связывают с последствиями облучения; поэтому полной ясности в этом вопросе еще нет.

Образование неоплазм

11.145. Интересные данные были получены в результате начатого в 1957 году специального исследования, имевшего целью сопоставить количество случаев возникновения злокачественных неоплазм (кроме лейкемии) среди лиц, которые в момент взрыва находились на расстоянии до 1,6 км от эпицентра взрыва, с количеством заболеваний среди лиц, не пострадавших от облучения. Правда, это исследование охватывает лишь 2 года, но выводы его позволяют утверждать, что в результате облучения вероятность возникновения неоплазм в ряде органов (легкие, желудок, молочные железы и яичники) увеличивается в 2—4 раза. Но аналогичное обследование жителей Нагасаки не подтвердило этих предположений. В настоящее время исследование продолжается и можно надеяться, что будущее позволит более полно ответить на вопрос о связи между образованием неоплазм и воздействием ионизирующего излучения.

Задержка в развитии детей

11.146. У японских женщин, облученных во время беременности достаточно высокими дозами, наблюдалось заметное повышение количества мертворожденных, а также повысилась смертность новорожденных и младенцев. Изучение состояния детей через четыре — пять лет после ядерного взрыва показало несколько повышенное количество случаев задержки умственного развития. Матери этих детей находились на таком расстоянии от эпицентра взрыва, что должны были подвергнуться воздействию дозы ядерного излучения по меньшей мере в 450 бэр. У многих детей отмечено неправильное развитие зубов, что приписывалось повреждению их корней.

11.147. Сравнение данных проведенного в 1952 году обследования состояния детей, подвергшихся облучению в возрасте примерно от 1 года до 14 лет, и детей того же возраста, не подвергавшихся облучению, показало, что первая группа детей имела меньший средний вес тела и более низкий рост, а половая зрелость их достигла меньшей степени развития, чем у второй

группы. С другой стороны, при постановке различных проб на нейтро-мышечную координацию и мышечную силу существенных различий обнаружено не было. Следует заметить, что дети, зачатые пострадавшими от облучения родителями, в большинстве своем оказались совершенно здоровыми. Высказывавшиеся одно время опасения о возможном повышении среди таких детей случаев анормального развития не получили подтверждения.

ДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ ПРИ РАННИХ ВЫПАДЕНИЯХ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА

Опасность внешних источников излучения (ожоги под действием бета-частиц)

11.148. Поражения организма излучением бета-частиц из внешних источников может происходить двумя путями. Во-первых, активные продукты взрыва, испускающие бета-частицы, вступая в контакт с кожей и оставаясь на ней в течение длительного времени, могут вызывать радиоактивное поражение, иногда называемое бета-ожогом. Во-вторых, в районе ядерного взрыва организм будет подвергаться воздействию бета-частиц, излучаемых радиоактивными веществами при раннем выпадении продуктов взрыва. Одежда будет в значительной мере ослаблять действие этих излучений, и тем не менее все тело будет сильно облучено, вследствие чего могут возникнуть серьезные ожоги.

11.149. Ценная информация относительно развития и излечения бета-ожогов была получена в результате наблюдений за течением этого вида ожогов у жителей Маршальских островов, подвергшихся воздействию излучений радиоактивных продуктов взрыва в марте 1954 года. Радиоактивные вещества на некоторых островах начали выпадать примерно через 5 часов после взрыва. Эти вещества представляли собой белый порошок и состояли в основном из извести (окиси кальция), образовавшейся в результате разложения коралла (углекислого кальция) под воздействием температуры; жители острова сначала не придали значения этому явлению. Так как погода была жаркой и влажной, то люди оставались на открытом воздухе; их тела были влажны и относительно мало прикрыты одеждой. В результате этого местные жители оказались сильно зараженными радиоактивным материалом, который длительное время находился в соприкосновении с их кожным покровом и волосами. Поскольку жители островов, как правило, обуви не носили, их босые ноги постоянно подвергались заражению выпадавшими на землю радиоактивными веществами.

11.150. В течение первых 24—48 часов многие из подвергшихся наибольшему воздействию излучения почувствовали ощущение зуда и жжения в коже. Эти симптомы были более легкими у тех, кто был менее заражен радиоактивными веществами. Через день или два эти симптомы стали слабее и исчезли, но по истечении двух — трех недель на участках тела, которые подвергались

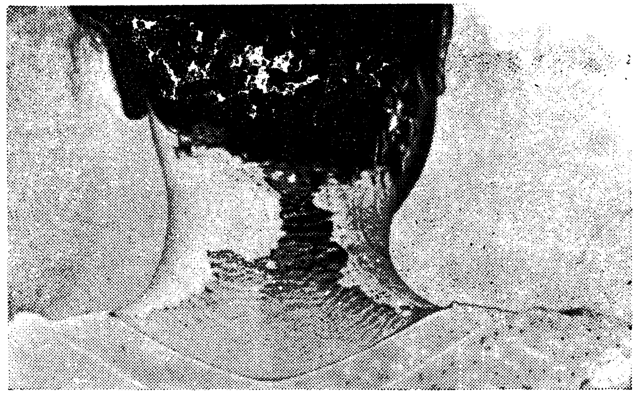


Рис. 11.151а. Кожный покров шеи через месяц после воздействия бета-излучения



Рис. 11.151б. Кожный покров нижних конечностей через месяц после воздействия бета-излучения

заражению радиоактивными частицами, наблюдались выпадение волос и изъязвление. Эритема не отмечалась как в ранних, так и в поздних стадиях поражения, хотя этого можно было бы ожидать; возможно, что она могла быть затенена естественной окраской кожи жителей островов.

11.151. Первым показателем поражения кожи была повышенная пигментация в форме темных пятен и приподнятых над поверхностью кожи высыпаний (макулы, папулы и рельефные пятна). Эти поражения развивались на участках кожи, не защищенных одеждой, в такой последовательности: поражение кожных покровов головы (с выпадением волос), шеи, плеч, верхних конечностей, нижних конечностей и туловища. Чаще всего наблюдалось выпадение волос и поражение кожи на голове, шее и ногах (рис. 11.151а и 11.151б).

11.152. Кроме отмеченных поражений у жителей Маршальских островов, а также у американских негров очень часто наблюдалась синевато-коричневая пигментация ногтей. Это явление, повидимому, специфично для темнокожих рас, так как оно не наблюдалось ни у одного из белых американцев, которые одновременно подвергались облучению. Пигментация ногтей наблюдалась в ряде случаев при отсутствии поражений кожи. Весьма вероятно, что это явление было вызвано скорее действием гамма-лучей, чем бета-частиц, поскольку тот же самый эффект отмечался у больных с темной кожей после облучения их рентгеновскими лучами в клинических условиях.

11.153. Поражения кожи в большинстве случаев были поверхностными и не сопровождались образованием пузырей. Микроскопическое исследование через 3—6 недель показало, что поражение было особенно заметным в верхних слоях кожи (эпидерме), в то время как более глубоко расположенные слои были затронуты значительно меньше. Это вполне согласуется с коротким пробегом бета-частиц в живой ткани. После образования сухого струпа наступало быстрое заживление; при этом оставались депигментированные пятна, окруженные зоной повышенной пигментации с неправильными очертаниями. В течение последующих нескольких недель постепенно восстанавливалась нормальная пигментация.

11.154. У лиц, подвергшихся сильному заражению радиоактивными веществами, развивались (обычно на ногах или шее) более глубокие поражения кожи, сопровождавшиеся слабым чувством жжения, зудом и болью. Пораженные участки кожи были влажными, мокнущими, на них появлялись язвы, в дальнейшем они покрывались твердой сухой коркой. Однако большинство таких поражений быстро заживало в результате обычного лечения, применяемого при заболеваниях кожи, не связанных с воздействием излучения. Ненормальная пигментация на участках кожи, подвергшихся поражению, удерживалась в некоторых случаях до одного года (рис. 11.154а и 11.154б).

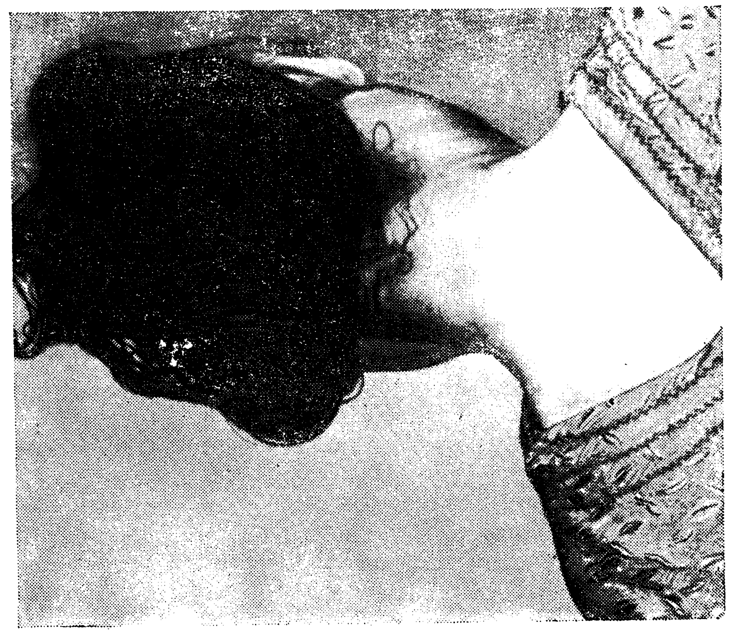


Рис. 11.154а. Кожный покров шеи через год после воздействия бета-излучения

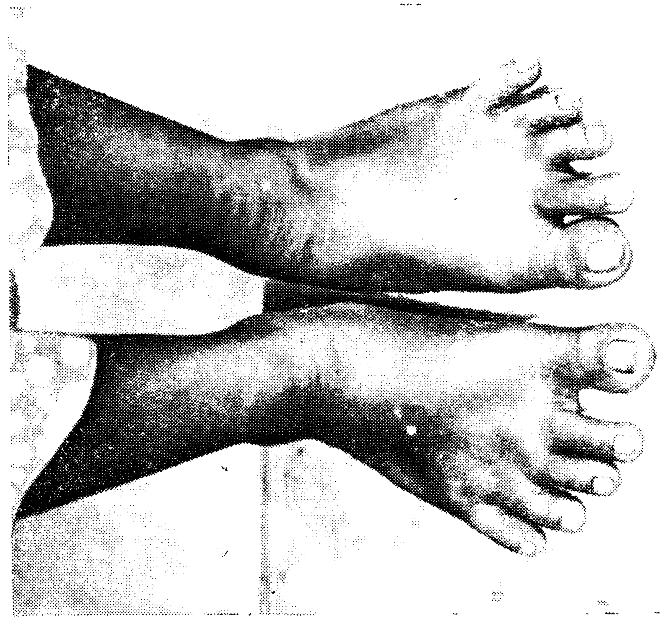


Рис. 11.154б. Кожный покров нижних конечностей через 6 месяцев после облучения

11.155. Возобновление роста волос обычного цвета и строения начиналось (в отличие от процесса восстановления пигментации кожи) примерно через 9 недель после облучения; волосяной покров полностью восстанавливался через 6 месяцев. К этому же времени в большинстве случаев исчезала и ненормальная пигментация ногтей. Некоторые последствия бета-облучения через 7 лет после взрыва наблюдались только в 10 случаях, но обнаруженные изменения не были злокачественными. Исследования крови на тромбоциты и эритроциты показали устойчивое снижение их количества по сравнению со средней нормой в течение 5 лет после облучения. Количество тромбоцитов оставалось несколько ниже нормы и через 7 лет после взрыва. Отсюда можно сделать вывод, что восстановление костного мозга к этому моменту еще не произошло. Обследование жителей Маршальских островов, которое проводилось в 1961 году, показало возможность некоторого замедления образования костей у детей, которые подверглись облучению в младенческом возрасте.

Внутренние источники излучения

11.156. В случае пребывания на местности, зараженной радиоактивными веществами, эти вещества могут попадать в организм через пищеварительный тракт (с зараженной пищей и водой), через легкие (с зараженным воздухом) или через раны и царапины. Необходимо отметить, что даже весьма малое количество радиоактивного материала, находящегося внутри организма, может нанести тяжелое поражение. Облучение различных органов и тканей тела внутренними источниками носит непрерывный характер и уменьшается со временем только вследствие уменьшения радиоактивных веществ внутри тела, которое происходит или в результате естественных физических процессов (радиоактивный распад) или же в связи с биологическими процессами (выделение). Далее, поражение всеми радиоактивными веществами внутри тела, т. е. альфа-частицами при распаде плутония, бета-частицами и мягким гамма-излучением, распространяется на большие объемы той ткани тела, которая иногда отличается повышенной чувствительностью; вот почему опасность поражения довольно значительна.

11.157. Отмеченный факт усугубляется тем, что некоторые химические элементы имеют тенденцию концентрироваться в специфических клетках или тканях, подчас обладающих весьма большой чувствительностью к ядерному излучению. Судьба радиоактивного изотопа, который попал в кровь, будет зависеть от его химической природы. Радиоактивные изотопы элемента, являющегося нормальной составной частью тканей организма, будут проходить те же самые процессы метаболизма, как и стабильные изотопы данного элемента. Так, например, йод как радиоактивный, так и нерадиоактивный имеет тенденцию концентрироваться в щитовидной железе.

11.158. Радиоактивный изотоп элемента, обычно не содержащегося в тканях организма, будет вести себя так, как ведет себя сходный с ним по химическим свойствам элемент, нормально присутствующий в организме. Так, радиоактивные изотопы стронция и бария, будучи химически подобными кальцию, в значительной мере отлагаются в кальцинированной ткани костей. Изотопы редкоземельных элементов, например церия, составляющего существенную часть продуктов деления, и плутония, содержащегося в этих продуктах в небольших количествах, также отлагаются в костях. Так как эти элементы не являются химическими аналогами кальция, то они отлагаются в меньших количествах и не в тех структурных элементах кости, что стронций и барий. Следует отметить, что отлагающиеся в костях радиоактивные изотопы обладают весьма высокой потенциальной опасностью, так как могут вызывать повреждение чувствительного костного мозга, в котором вырабатываются многие клетки крови. Результатом поражения кроветворной ткани является снижение количества кровяных клеток, что вредно сказывается на всем организме.

11.159. Интенсивность проникания радиоактивных продуктов взрыва в кровь будет зависеть от двух основных факторов: размеров радиоактивных частиц и их растворимости в жидкостях организма. Возможность отложения радиоактивных элементов в какой-либо определенной ткани зависит от химических свойств этих элементов, как было указано выше. Элементы, которые не обладают способностью к накоплению в организме, сравнительно быстро выводятся в результате естественных процессов метаболизма.

11.160. Количество радиоактивного материала, попадающего в организм в результате вдыхания зараженного продуктами ядерного распада воздуха, оказывается, по-видимому, относительно малым. Это объясняется тем, что нос может отфильтровывать почти все частицы диаметром более 10 мк (0,001 см) и около 95% частиц диаметром свыше 5 мк (0,0005 см). Вместе с тем большинство частиц, заражающих внешнюю среду в течение критического периода (период наивысшей активности), т. е. в первые 24 часа после взрыва, будут иметь диаметр значительно больше 10 мк. Поэтому только небольшая доля находящихся в воздухе радиоактивных материалов будет попадать в легкие. При проникновении частиц из альвеол в кровяное русло оптимальный их размер составляет 1—2 мк. Таким образом, вероятность проникания в кровь радиоактивных веществ в результате вдыхания радиоактивных продуктов взрыва является довольно низкой.

Все мелкие радиоактивные частицы, проникшие в альвеолярные полости, или удаляются механически или же задерживаются в лимфатических узлах средней части груди, где они могут накапливаться.

11.161. Абсорбция радиоактивных элементов через кишечный тракт в значительной мере зависит от их растворимости. Радио-

активные продукты взрыва, такие, как уран и плутоний, встречаются в основном в форме окисей, многие из которых мало растворимы в жидкостях организма. Но окиси стронция и бария хорошо растворимы, благодаря чему они легко могут проникать в кровь и далее в кости. Йод в основном также находится в растворимой форме. Поэтому он быстро попадает в кровь и затем концентрируется в щитовидной железе.

11.162. Более важным фактором, чем тенденция отдельных элементов к прониканию в чувствительные к радиоактивности органы, определяющим в основном опасность данного радиоактивного изотопа, является общая биологическая доза, излучаемая им в период пребывания в организме. Наиболее важными показателями при определении величины этой дозы являются масса и период полураспада радиоизотопа, природа и энергия его излучений и время пребывания в организме. Это время зависит от двух факторов: обычного периода полураспада изотопа и так называемого биологического периода полувыведения. Последний представляет собой время, необходимое для того, чтобы количество определенного элемента, находящегося в организме, уменьшилось наполовину в результате естественных (биологических) процессов выделения. Комбинация периода полураспада и биологического периода полувыведения изотопа дает так называемый период половинной эффективности, который представляет собой время, необходимое для того, чтобы поражающее действие находящегося в организме изотопа в результате радиоактивного распада и естественного выведения понизилось наполовину. В большинстве случаев период половинной эффективности изотопа для организма в целом совпадает с таковым для специфической ткани (или органа), в которой этот изотоп имеет тенденцию концентрироваться. При рассмотрении некоторых радиоактивных изотопов трудно пользоваться только понятием периода полураспада, поскольку механизм обмена с участием этих продуктов деления не поддается простому объяснению.

11.163. Наибольшую потенциальную опасность при попадании в организм представляют изотопы с коротким периодом полураспада и относительно длительным периодом биологического полувыведения. Изотоп с коротким периодом полураспада будет давать более интенсивное излучение, чем такая же масса другого изотопа даже того же самого элемента, но имеющего более длительный период полураспада. Длительный биологический период полувыведения означает, что радиоактивный материал будет медленно выделяться из организма. Например, биологический период полувыведения йода у многих людей весьма продолжителен. Практически он колеблется от человека к человеку в пределах от нескольких дней до многих лет, хотя в среднем равен 90 дням. Йод быстро сосредоточивается в щитовидной железе. Довольно широко распространенный радиоактивный изотоп йода — йод-131 — имеет период полураспада только 8 дней. Следовательно, если достаточное количество этого изотопа поступит в кровяное русло, может возникнуть серьезное поражение щитовидной железы, так как этот изотоп остается в теле в течение почти всего периода распада.

11.164. В первые часы после взрыва происходит образование и некоторых других радиоактивных изотопов йода, т. е. йода-133 и йода-135, из-за которых суммарная доза облучения щитовидной железы значительно увеличивается. Но период полураспада этих изотопов исчисляется часами, так что их воздействие очень скоро практически полностью прекращается. Следует заметить, что кроме непосредственного поражения все радиоактивные изотопы внутри тела, включая и самые короткоживущие, могут в какой-то мере способствовать возникновению некоторых форм заболевания, которые в течение какого-то времени поддаются выявлению.

11.165. Опасные радиоактивные изотопы, содержащиеся в продуктах деления, кроме радиоактивного йода, подразделяются на две группы. В первую и имеющую большее значение группу входят стронций-89, стронций-90 и барий-140. Ко второй группе относятся редкоземельные элементы, в частности церий-144 и химически подобный ему иттрий-91.

11.166. Потенциально опасным изотопом, присутствующим в продуктах деления, является также плутоний-239, излучающий альфа-частицы. Плутоний-239 имеет длительный период полураспада (24 000 лет), а также длительный биологический период полувыделения (около 200 лет). Отсюда следует, что, если этот изотоп отложился в организме — в основном на определенных поверхностях кости, — его количество и активность снижаются очень медленно. Несмотря на короткий пробег в тканях, длительное воздействие его альфа-частиц может вызвать серьезное заболевание. Как известно, радий, который в этом отношении очень схож с плутонием, в достаточных количествах тоже вызывает некроз и костные опухоли, а также анемию, приводящую к смерти.

11.167. Результаты экспериментальных исследований показывают, что почти весь, а иногда и весь вдыхаемый плутоний осаждается в легких и часть его (менее 10%) остается там. Некоторое количество плутония локализируется в лимфатических узлах бронхов. Поэтому наиболее опасно воздействие плутония на легкие и на лимфатические узлы бронхов. Интересно отметить, что почки мало страдают от внутреннего облучения, хотя в процессе выделения через них проходит большое количество радиоактивных веществ. В противоположность плутонию уран может повлиять на почки, но он действует скорее как химический яд, а не как радиоактивное вещество.

11.168. После ядерных взрывов в Японии количество продуктов раннего выпадения было таким незначительным, что никаких сведений об их влиянии на организм не сохранилось. Поэтому по взрывам в Японии оказалось невозможным судить об опасности продуктов взрыва как источников внутреннего облучения.

Однако после случая заражения радиоактивными веществами жителей Маршальских островов в марте 1954 года были получены очень интересные новые данные. Так как жители островов не имели представления об опасности, связанной с выпадением продуктов взрыва, то многие из них в течение двух или более дней ели зараженную пищу и пили зараженную воду из открытых водоисточников.

11.169. Радиоактивные вещества проникали в организм главным образом через желудочно-кишечный тракт и в меньшей мере через органы дыхания, так как из воздуха они оседали относительно быстро, а зараженная пища, вода и домашняя утварь использовались длительное время. Это было подтверждено также в результате обследования свиней и кур; многие животные и птицы были вскрыты вскоре после взрыва. Их желудочно-кишечный тракт и печень имели бо́льшую радиоактивность, чем легкие.

11.170. С помощью радиохимического анализа мочи можно было установить примерное количество радиоактивных веществ, отложившихся в организме жителей Маршальских островов. Таким путем было установлено, что вначале главную опасность для организма представлял йод-131, действие которого, однако, быстро прекращалось благодаря относительно короткому периоду полураспада (8 дней). Примерно то же самое относится и к барию-140 (период полураспада около 12,8 дня). Действие изотопов стронция было более длительным: они имеют не только более продолжительный период полураспада, но и относительно длительный биологический период полувыведения.

11.171. Было установлено, что в организме задерживаются в значительных количествах только йод, стронций, барий и редкоземельные элементы. Все другие продукты взрыва не имеют большого значения ввиду краткости периода половинной эффективности, слабой растворимости их окислов или относительно больших размеров выпадающих частиц.

11.172. В организме тех жителей Маршальских островов, которые подверглись наиболее сильному заражению, не было отмечено большого отложения радиоактивных веществ. Активность изотопов стронция снижалась несколько медленнее, чем активность других радиоактивных изотопов, благодаря более длительным периодам их полураспада, а также тенденции изотопов стронция отлагаться в костях. Несмотря на это, даже стронций не мог рассматриваться во всех случаях обследования как опасный источник внутреннего облучения. Через 6 месяцев после взрыва моча большей части пострадавших содержала только едва поддающиеся определению количества радиоактивного материала.

11.173. Несмотря на то что на Маршальских островах условия жизни населения благоприятствовали максимальному заражению запасов пищи и воды, а сами жители в течение 2 дней не принимали каких-либо мер для своей защиты, количество пораженных в результате попадания радиоактивных веществ внутрь организма

было невелико. Нет почти никаких сомнений в том, что среди непосредственных поражающих факторов ядерного взрыва облучение попавшими внутрь тела радиоактивными веществами может играть совершенно незначительную по сравнению с внешним облучением роль. Если были бы приняты необходимые меры предосторожности, то опасность непосредственного воздействия внутреннего облучения можно было бы уменьшить.

ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОЗДНЕМ ВЫПАДЕНИИ ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА

Цезий-137

11.174. Из всех продуктов деления, образующихся в результате испытаний ядерного оружия в мирное время или при его применении в военное время, наибольшую потенциальную опасность с точки зрения поражения в течение длительного времени представляют, по-видимому, радиоактивные изотопы цезий-137 и стронций-90. Так как оба эти изотопа содержатся в продуктах деления в относительно большом количестве, а периоды их полураспада сравнительно продолжительны, они будут составлять значительный процент от общего количества радиоактивных веществ, содержащихся в поздних выпадениях. Под действием процесса фракционирования количество стронция и цезия еще больше возрастет (п. 9.08). Конечно, суммарная активность этих изотопов через длительный период времени после данного наземного или подземного взрыва будет значительно больше в ранних выпадениях (вблизи точки взрыва), чем в поздних выпадениях радиоактивных продуктов взрыва. Однако особенно важно отметить, что поздние выпадения вызывают опасность поражения как вблизи эпицентра взрыва, так и на значительном удалении от него.

11.175. Период полураспада радиоактивного цезия составляет 30,5 лет, и особый интерес этот элемент представляет в выпадениях с возрастом более одного года, так как цезий в этом случае составляет основную составную часть радиоактивных продуктов, распад которых сопровождается гамма-излучением [1]. Химические и биохимические свойства цезия аналогичны свойствам калия. Соединения этих элементов, в общем, более растворимы в воде, чем соответствующие соединения стронция и кальция; механизмы перехода этих двух пар элементов из почвы в организм человека совершенно различны. В природе цезий встречается относительно редко, и в организме он содержится только в ничтожном количестве. Вследствие этого биохимия цезия изучена не так тщательно,

[1] Гамма-лучи, обладающие высокой энергией, фактически испускаются барием-137, который является продуктом распада цезия и существует в течение очень короткого периода времени.

как других элементов. Однако установлено, что цезий-137 распространяется внутри живых клеток теми же путями, как и калий, поэтому он содержится главным образом в мышцах.

11.176. На основании одного опыта, проведенного на нескольких людях, был определен период половинного выведения цезия из организма, который оказался равным 140 дням. Благодаря большой проникающей способности гамма-лучей, образующихся при распаде цезия-137, они распространяются более или менее равномерно на все части организма. Несмотря на свою способность испускать гамма-лучи, остаточный цезий-137 с биологической точки зрения менее опасен, чем стронций-90, поскольку его период полувыведения очень непродолжителен.

11.177. Степень внутреннего облучения при распаде цезия-137 определяется количеством этого изотопа в пище. Если основную часть продуктов питания составляют корни растений, то полученная доза должна быть более или менее пропорциональна общему количеству цезия-137, выпавшему на землю. Если же этот изотоп входит в пищу с листьями растений, то доза внутреннего облучения будет пропорциональна скорее времени позднего выпадения радиоактивных продуктов взрыва. Вычислениями установлено, что во втором случае суммарная доза внутреннего облучения половых органов за 30 лет жизни была бы выше, чем в первом случае. На основе всех имеющихся на сегодняшний день данных о содержании цезия-137 в пищевых продуктах высказано предположение, что основную роль играет время выпадения радиоактивных продуктов взрыва; в будущем, однако, большее количество цезия будет попадать в организм с пищевыми продуктами через почву, при условии, что в результате дополнительных взрывов содержание цезия-137 в воздухе увеличится лишь несущественно.

Стронций-90

11.178. Стронций-90, с его весьма продолжительным периодом полураспада в 27,7 лет, составляет значительную часть продуктов деления и значительную долю суммарной активности веществ, имеющих возраст в несколько лет. По своим химическим свойствам стронций аналогичен кальцию, который играет важную роль в жизни растений и животных. В организме взрослого человека содержится около 1 кг кальция, который находится главным образом в костях. Но как будет показано в последующих разделах книги, механизм соединения кальция со стронцием не менее сложен, чем соответствующие процессы обмена веществ в организме, а поэтому поведение стронция-90 не поддается толкованию, если пользоваться только понятием периода полураспада[1].

[1] Данные о выделении стронция-90 из организма пострадавших жителей Маршальских островов и расследование несчастного случая с вдыханием зараженного воздуха показывают, что при остром облучении большая часть поглощенного стронция-90 характеризуется периодом половинного выведения

11.179. Вероятность серьезных патологических изменений в организме данного индивидуума, вызываемых воздействием находящихся внутри радиоактивных веществ, зависит от интенсивности и энергии испускаемых ими излучений, а также от периода времени, в течение которого эти вещества остаются в организме. Хотя стронций-90 испускает только бета-частицы весьма низкой энергии, достаточное количество этого изотопа может вызывать сильные поражения вследствие того, что, попав однажды в скелет, он будет находиться в нем в течение длительного периода времени[1]. На основании опытов с животными считают, что патологическим последствием действия достаточных количеств стронция-90 является анемия, некроз кости, раковая болезнь и, возможно, лейкемия.

11.180. Большая часть стронция-90 в конечном счете выпадает на землю с дождем или снегом, и он поступает в человеческий организм в основном через растения. На первый взгляд может показаться, что отношение содержания стронция к кальцию в человеческом организме должно быть таким же, как и отношение между этими элементами в почве, откуда человек получает пищу. К счастью, однако, отдельные процессы в цепи биологического переноса этих элементов из почвы в организм человека приводят к снижению в 2—10 раз относительного количества стронция-90, накапливающегося в организме человека. Механизм проникновения стронция-90 в человеческий организм определяется возможностью получения его корнями растений, близостью этого радиоактивного элемента к корням, количеством проникшего в растения радиоизотопа, а также процессами перехода стронция от растения к животному или иногда от животного к человеку.

11.181. Опыты с растениями в теплицах показывают, что на этапе перехода из однородных почв в растения стронций усваивается хуже, чем кальций. В силу некоторых факторов очень трудно вывести общие данные о количественном соотношении содержания стронция-90 и кальция в растениях и в почве, на которой эти растения произрастают. Во-первых, растения получают в качестве питания большую часть минеральных веществ через свои корневые системы, которые у разных растений различны: некоторые растения имеют корни, проникающие глубоко, а корни других растений расположены близко к поверхности. Большая часть

в 40 дней. В течение последующих 2 лет выделяется меньшая часть стронция-90, и период половинного выведения равен 500 дням. Остальная часть стронция-90 (менее 10%) прочно связывается с элементами костной ткани, и время половинного выведения этой разновидности стронция-90 составляет приблизительно 50 лет. В последнем случае период полураспада приблизительно равен 18 годам. Хроническое облучение продуктами выпадения дает сходную, но не вполне такую же картину.

[1] Энергия бета-частиц при распаде стронция-90 равна 0,54 Мэв. Однако продукт его распада — иттрий-90 с периодом полураспада 64 часа испускает бета-частицы с энергией 2,27 Мэв (гамма-излучения не наблюдается). В результате этого распада образуется устойчивый изотоп цирконий-90.

стронция-90 была найдена в необрабатываемой почве близко к поверхности, так что поглощение этого изотопа, как можно ожидать, должно изменяться. Во-вторых, хотя можно предполагать, что стронций и кальций вследствие их химического сходства будут конкурировать друг с другом в процессе вхождения в корневую систему растений, однако не весь кальций почвы находится в состоянии, пригодном для усвоения. В почве имеются естественные соединения кальция, которые нерастворимы и которые непригодны для питания растений до тех пор, пока они не превратятся в растворимые соединения. Большая же часть стронция-90, содержащаяся в радиоактивных выпадениях, охватывающих весь земной шар, встречается в растворимой форме. В-третьих, в дополнение к стронцию-90, который растения получают из почвы, они будут также получать некоторые количества стронция-90 из радиоактивных осадков, выпадающих непосредственно на поверхность растений.

11.182. Потребление растений животными является промежуточным этапом процесса введения стронция-90 в организм человека. И опять же имеющиеся данные указывают, что благодаря влиянию естественных факторов отношение содержания стронция-90 к кальцию в продуктах животного происхождения ниже, чем отношение этих элементов в растительном корме, потребляемом животными. Только очень небольшое количество стронция-90 удерживается в мягких тканях животных организмов, так что количество этого изотопа в продуктах животного происхождения ничтожно. Большой интерес представляет и то обстоятельство, что отношение содержания стронция-90 к кальцию в коровьем молоке также значительно ниже, чем отношение этих элементов в корме коровы. Это обстоятельство снижает количество стронция-90, попадающего в организм человека. При непосредственном потреблении человеком продуктов растительного происхождения такое снижение, естественно, отсутствует. Однако, по-видимому, около трех четвертей кальция и, следовательно, значительная доля стронция-90, содержащихся в среднем рационе питания в США, поступают в организм человека с молоком и молочными продуктами. В разных районах положение может отличаться в зависимости от того, большую или меньшую долю составляют в рационе питания молоко и молочные продукты.

11.183. Однако не все количество стронция-90, поступающее в организм с пищей, отлагается в костях человеческого скелета. Существенная доля этого изотопа точно так же, как кальций, выделяется из человеческого организма. Однако в костной системе здоровых индивидуумов всегда имеют место некоторые свежие отложения кальция, так что одновременно в состав этой системы включается и стронций-90. Естественно, что скорость отложения как кальция, так и стронция-90 выше у детей, чем у взрослых. В дополнение к тому факту, что метаболизм в организме человека содействует выделению стронция, необходимо отметить, что количество удерживаемого стронция-90 в каждом последующем звене цепи потребления несколько меньше, чем в предыдущем. Таким образом, целый ряд защитных барьеров снижает отложение стронция в человеческих костях.

11.184. Поскольку до настоящего времени вопрос, связанный с наличием значительных количеств стронция-90 внутри человеческого организма, изучен недостаточно, зависимость между вероятностью серьезного биологического эффекта и содержанием в организме этого изотопа точно не установлена. Косвенная оценка этой зависимости основывалась на сравнении действия стронция-90 и радия на подопытных животных с данными воздействия радия на человека. На основе проведенного изучения было сделано предположение, что содержание в организме стронция-90 в количестве 10 микрокюри у значительной части населения вызвало бы заметное увеличение поражений костей раковой болезнью. Исходя из этого, внесено предложение, согласно которому максимально допустимое (или безопасное) количество стронция-90 внутри организма для лиц, которые систематически подвергаются воздействию этого изотопа, должно равняться 2 микрокюри. Поскольку среднее содержание кальция в скелете взрослого человека составляет около 1 кг, эта величина соответствует концентрации в скелете 2 микрокюри стронция-90 на 1 кг кальция. В целом для всего населения пределом, который, в общем, считается приемлемым, является содержание стронция-90 в 0,2 микрокюри на 1 кг кальция. Этот предел соответствует рекомендациям, внесенным в 1960 году Национальной академией наук США. Международная комиссия по радиологической защите внесла предложение, чтобы максимально допустимый уровень содержания стронция-90 никогда не превышал 0,067 мккюри/кг кальция.

11.185. В результате опытных ядерных взрывов, произведенных в различных странах за последние несколько лет, происходит непрерывное увеличение содержания стронция-90 в почве, растениях и костях животных и человека. Это явление имеет повсеместный характер и не ограничивается районами, находящимися вблизи мест, на которых производятся опытные взрывы, хотя, естественно, в этих районах оно несколько выше ввиду раннего выпадения радиоактивных продуктов взрыва [1]. По мере опускания из стратосферы в тропосферу мелких радиоактивных частиц и в связи с выпадением их вместе с дождем и снегом количество строн-

[1] Отсюда следует ожидать, что районы, находящиеся поблизости от места взрыва, будут заражены стронцием-90 значительно больше, чем отдаленные районы; степень этого заражения зависит от высоты (или глубины), мощности ядерного взрыва, доли энергии деления и от атмосферных условий. В связи с явлением фракционирования при ранних выпадениях радиоактивных частиц вблизи центра взрыва стронций-90 составляет меньший процент всех продуктов деления, чем при поздних выпадениях этих частиц на больших расстояниях от эпицентра. Интересно отметить, что стронций-90, содержащийся в радиоактивных веществах, при ранних выпадениях менее растворим, чем при поздних выпадениях этих веществ, а поэтому он меньше поглощается растениями.

ция-90 на земле возрастает, а в 1961 году оно достигло максимального значения и затем начало уменьшаться. Однако из-за последующего добавления стронция-90 в результате испытательных взрывов содержание его в мировом воздушном океане, может быть, временно увеличится.

11.186. В том случае, если в ходе военных действий будет широко применяться ядерное оружие с высоким выходом продуктов деления, то, как показывают расчеты, основанные на приближенных данных, поздние выпадения радиоактивных продуктов повысят концентрацию стронция-90 до 2 микрокюри на 1 кг кальция, имеющегося в организме людей, только при условии, что в атмосферу будут выброшены радиоактивные частицы от взрывов общей мощностью в несколько тысяч мегатонн.

Углерод-14 и другие радиоактивные изотопы

11.187. Кроме рассмотренного выше воздействия попадающих внутрь тела цезия-137 и стронция-90 необходимо указать на облучение всего тела углеродом-14 [1], который также является внутренним источником излучения бета-частиц, а также на влияние гамма-излучения от цезия-137 и выпадающих на землю изотопов с небольшим периодом полураспада, таких, как цирконий-90, рутений-103, рутений-106, церий-141 и церий-144.

11.188. Из-за испытательных взрывов до 1958 года содержание углерода-14 в тропосфере увеличилось приблизительно на 30%. В случае прекращения ядерных взрывов в атмосфере это дополнительное количество углерода-14 через 50—100 лет сократилось бы до 1% от естественного уровня. Расчеты показывают, что суммарная доза излучения под действием углерода-14 в процессе жизни двух последующих поколений (50 лет) будет составлять лишь незначительную долю внутреннего облучения цезием-137. Через несколько сот лет почти весь радиоактивный цезий распадется, а воздействие углерода-14 с его периодом полураспада 5760 лет почти не уменьшится.

11.189. Высказано мнение, что генетические последствия облучения углеродом-14 для последующих 200 поколений будут приблизительно эквивалентны последствиям облучения цезием-137, но если концентрация углерода-14 в течение жизни всех этих поколений будет уменьшаться чрезвычайно мало, то влияние цезия почти полностью прекратится в течение жизни нескольких ближайших поколений. Необходимо отметить, однако, что такие расчеты в отношении углерода-14 учитывают только ионизирующее облучение под действием бета-частиц, испускаемых в процессе распада этого изотопа. Другое генетическое последствие может возникнуть

[1] Строго говоря, углерод-14 не принадлежит к числу радиоактивных выпадений, но рассмотреть его удобнее всего здесь, поскольку он также представляет собой источник длительного поражения организма.

в связи с вредными биохимическими изменениями генетических веществ, когда углерод-14 в составе этих веществ распадается с образованием здесь азота-14. По существующим на сегодня оценкам генетические последствия замены углерода-14 азотом-14 не менее серьезны, чем изменения под действием бета-частиц, испускаемых при распаде углерода-14.

11.190. В таблице 11.190 приводятся данные о радиоактивности (в миллибэрах), возникновение которой связано с испытательными взрывами, произведенными до 1958 года включительно. В первом столбце приводится суммарная доза излучения на 1959 год, во втором — расчетная величина дозы излучения через 30 лет (1955—1985 годы), а в третьем столбце — через 70 лет (1955—2025 годы). В основе выбора этих двух периодов лежит тот факт, что оценка генетических последствий облучения человека обычно основывается на дозе облучения половых желез (или же всего тела)

Таблица 11.190

Суммарная доза облучения, обусловленная действием радиоактивных веществ при поздних выпадениях продуктов взрыва (учитываются взрывы, произведенные до 1958 года включительно)

Источник излучения	Доза облучения, полученная всем телом (миллибэр)		
	1959 г.	1955—1985 гг.	1955—2025 гг.
Внутренний, углерод-14	0,3	5	8
Внутренний, цезий-137	2	20	30
Внешний, цезий-137	1	20	30
Внешний, короткоживущие изотопы	20	30	30
Суммарная доза	23,3	75	98
Доза стронция-90, полученная костным мозгом	7	75	103
Естественное (фоновое) излучение (на уровне моря)	100	3000	7000

за первые 30 лет жизни, а для оценки возможных соматических изменений необходимо знать дозу облучения в течение всей жизни (70 лет). Большая часть приводимых в таблице данных основана на весьма приближенных расчетах, а поэтому средняя доза облучения для человека в США, вероятно, окажется ниже. Следует отметить, что и 30-летняя доза облучения всего тела 75 Мбэр (генетическая доза) и 70-летняя доза облучения всего тела в 70 Мбэр (соматическая доза), и доза внутреннего облучения стронция-90 в 201 Мбэр (поражение костного мозга) в сумме будут меньше 3% той общей дозы облучения, которую организм получит за это время под действием естественного фонового излучения.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Спонтанные и наведенные мутации

11.191. Генетическое воздействие ядерного излучения проявляется в форме изменения элементов наследственности в воспроизводящих клетках; оно не сопровождается каким-либо видимым поражением организма, но может иметь весьма важные последствия для будущих поколений. Сейчас признано, что генетическое влияние имеет кумулятивный характер, но отмечается, что скорость генетических мутаций в какой-то мере зависит и от интенсивности излучения. Эффект кратковременного облучения, если доза больше 25 рад/мин, иногда в 4 раза сильнее эффекта непрерывного облучения, доза которого не превышает 1 рад/мин, хотя суммарная доза в обоих случаях одинакова. Таким образом, продолжительное облучение в районе слабого заражения радиоактивными выпадениями не должно, по-видимому, быть так опасно, как однократное облучение дозой большой мощности, например под действием начального ядерного излучения, несмотря на эквивалентность суммарных доз облучения.

11.192. Механизм наследственности, который в основном одинаков у всех размножающихся половым путем растений и животных, включая человека, схематически представляется в следующем виде: ядра всех делящихся клеток содержат определенное число нитевидных образований, называемых хромосомами, которые видны под микроскопом. Считается, что эти хромосомы дифференцируются по всей длине на тысячи отличающихся друг от друга единиц, называемых генами. Хромосомы и гены существуют в любой клетке организма, но с точки зрения генетики (или наследственности) значение имеют только те из них, которые находятся в половых клетках воспроизводящих органов.

11.193. Клетки человеческого организма нормально содержат 46 хромосом, образующих два подобных (но не идентичных) набора по 23 хромосомы в каждом. Один из этих наборов наследуется от матери, из клетки яйца, продуцируемого яичниками, а другой — от отца, из клетки спермы, продуцируемой яичками. У индивидуума, развивающегося в результате слияния половых клеток, хромосомы и гены, как правило, дублируются без изменений.

11.194. Отклонение от нормального процесса передачи наследственных признаков, когда вместо полного дублирования хромосом один или большее число генов претерпевают изменение, встречается в редких случаях. Это изменение, называемое мутацией, приобретает постоянный характер, так как мутантный ген воспроизводится в видоизмененной форме. Если мутация произошла в обычной клетке организма, это может оказать некоторое воздействие на данного индивидуума, однако связанные с мутацией изменения по наследству передаваться не будут. Если же мутация произошла в половой клетке любого из родителей, последующие

поколения приобретут новые характерные признаки. Мутации, происходящие естественным путем, без каких-либо явных причин или вмешательства человека, называются спонтанными мутациями.

11.195. Непосредственный интерес представляет тот факт, что частота мутаций может быть повышена различными искусственными путями, одним из которых является воздействие излучений на половые железы. Действие излучения на половые органы изучалось на различных насекомых и млекопитающих, и оно, несомненно, имеет значение и для человека. Мутация генов, вызванная облучением, качественно не отличается от спонтанной мутации; практически их невозможно различить. Однако в связи с воздействием излучения частота мутаций повышается.

11.196. Все гены обладают способностью быть или доминантными (господствующими) или рецессивными (подавленными). Если ген является доминантным, то соответствующий признак, носителем которого он является, будет воспроизводиться в потомстве, даже при отсутствии этого гена в половой клетке другого родителя. С другой стороны, для появления характерного рецессивного признака в следующем поколении необходимо, чтобы соответствующие рецессивные гены присутствовали в половых клетках обоих родителей. Таким образом, рецессивный ген может быть скрытым у ряда поколений, пока не возникнут условия для объединения половых клеток обоих родителей, каждая из которых будет содержать этот специфический ген.

11.197. Новые мутации, возникающие спонтанно или под действием излучений, как правило, являются рецессивными. Несмотря на это, мутантный ген, по-видимому, редко бывает полностью рецессивным, и некоторые из носимых им признаков могут появиться в следующем поколении, даже если этот специфический ген наследуется только от одного из родителей. Далее, в большинстве случаев новые признаки, возникающие в связи с мутацией, являются отрицательными. Несомненно также, что некоторые изменения, связанные с мутацией, имеют положительный характер, однако они проявляются только в медленном процессе биологической эволюции.

11.198. Отрицательные признаки, возникающие в результате мутации, могут быть мало заметными, выражаясь, например, в повышенной подверженности заболеваниям или в сокращении на несколько месяцев продолжительности жизни, и серьезными, приводящими к гибели плода в утробном состоянии или к бесплодию. Таким образом, индивидуумы, несущие в себе такие мутантные гены, ставятся в невыгодное положение относительно остальной части населения, в особенности в том отношении, что им суждено иметь меньшее количество детей или умирать раньше. Отсюда очевидно, что эти гены будут иметь тенденцию к вырождению. При этом ген, несущий более отрицательные признаки, будет устранен быстро, так как только небольшое количество индивиду-

умов, несущих такие гены, доживет до периода размножения. С другой стороны, мутантный ген, имеющий менее отрицательные признаки, может удерживаться и гораздо дольше причинять вред, хотя и меньший, значительному числу индивидуумов.

Мутация и доза излучения

11.199. Опыты над фруктовыми мушками и мышами показали, что частота мутаций в результате облучения приблизительно пропорциональна суммарной дозе излучения, поглощенной половыми органами родителей от начала их развития до момента зачатия потомства. Ученые, в общем, придерживаются того мнения, что любая доза излучения, как бы мала она ни была, ведет к некоторому увеличению частоты мутаций; другими словами, не существует такого предельного значения дозы излучения, ниже которого генетическая мутация не имеет места. На основе большого объема экспериментальных данных можно показать, что при остром облучении доза 37—600 рад увеличивает частоту мутаций пропорционально облучению половых желез. Однако большие дозы вовсе не влекут за собой появления более вредных мутаций. При большой дозе мутации будут такими же по своему характеру, как и при малой дозе излучения или как и в случае спонтанного облучения, но в первом случае значительно возрастает частота мутаций.

11.200. При рассмотрении возможных генетических последствий применения ядерного оружия необходимо учитывать два фактора: во-первых, последствия воздействия начального и остаточного излучения, которые проявляются вскоре после взрыва, во-вторых, последствия медленного накопления углерода-14, стронция-90, цезия-137 и других радиоактивных изотопов в поздних выпадениях продуктов взрыва. Что касается начального излучения, то считается, что доза облучения половых желез порядка 30—80 рад, если она получена перед зачатием, должна в сочетании с естественным излучением вдвое увеличить число мутаций у каждого человека.

11.201. Генетические последствия воздействия стронция-90 весьма незначительны. Прежде всего бета-частицы, испускаемые этим изотопом, характеризуются очень небольшим пробегом, а поэтому, попадая в кости скелета, они не в состоянии воздействовать на органы размножения. Кроме того, интенсивность вторичного рентгеновского излучения (тормозного излучения) под действием этих бета-частиц очень невелика. Наконец, количество стронция-90 в мягких тканях, откуда бета-частицы могли бы проникнуть в органы размножения, незначительно.

11.202. Несколько иначе обстоит дело с цезием-137 и углеродом-14, которые распределяются по всему телу и поэтому могут стать источниками облучения половых желез. Более того, распад цезия-137 сопровождается гамма-излучением весьма высокой энергии, которое возникает в связи с образованием продукта деления цезия-137, бария-137. Необходимо учитывать также и влияние гамма-излучения от различных радиоактивных изотопов с малым периодом полураспада, которые выпадают на поверхность земли. И все же, как это видно из таблицы 11.190, суммарная доза облучения всеми источниками вместе за 30 лет не превысит 75 Мбэр, т. е. будет меньше 0,1 бэр; поэтому генетическое действие этого облучения будет не очень значительно.

ПАТОЛОГИЯ ОСТРОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

Чувствительность клеток

11.203. Приведенные выше данные касались в основном общих симптомов и клинических проявлений лучевой болезни. Эти проявления связаны с непосредственным воздействием ядерного излучения на отдельные органы и ткани. Так, например, функциональные нарушения в периферийной кровеносной системе свидетельствуют о функциональном поражении костного мозга и лимфатической ткани. В данной главе кратко обсуждаются также патологические изменения в других системах и органах, которые являются основными признаками лучевого синдрома.

11.204. Лучевое поражение является результатом изменений, происходящих в отдельных клетках. Изменение морфологического характера, например разрыв хромосом, набухание ядра, повышение вязкости и проницаемости протоплазмы, проявляется в форме функционального нарушения жизнедеятельности организма в том случае, если поражение охватывает значительную часть клеток того или иного органа и тем самым влияет на выполнение им своих функций. Различные виды клеток по-разному реагируют на облучение. Большей чувствительностью, в общем, отличаются быстро размножающиеся и активно регенерирующие клетки, а не клетки, которые находятся в состоянии покоя. Наиболее сильно выраженным последствием действия излучений является быстрое исчезновение в результате облучения делящихся клеток, поскольку процесс деления не может продолжаться после облучения.

11.205. По степени чувствительности к облучению наиболее распространенные виды ткани можно распределить в следующем порядке: лимфоидная ткань и костный мозг, эпителиальные ткани (яички и яичники), кожа, основной слой чешуйчатого эпителия, эпителий слюнных желез, эндотеллиальные клетки кровеносных сосудов, клетки плазмы брюшины и плевры, фибробласты, костная ткань, ткань гладкой мышцы, ткань полосатой мышцы, а также дифференцированные нервные клетки. Нервные клетки взрослого человека отличаются наибольшей сопротивляемостью к облучению, нервная же ткань зародыша и полностью развившиеся клетки мозжечка характеризуются повышенной чувстви-

тельностью к облучению. Под действием облучения мозга дозой порядка нескольких тысяч бэр наступает утрата способности к ориентации в пространстве и шоковое состояние.

Лимфоидная ткань

11.206. Лимфоидная ткань — это ткань, характерная для лимфатических узлов, миндалин, аденоидов, селезенки и подслизистой оболочки кишок. Лимфоциты встречаются в сосудах различных частей этих органов. Но где бы ни встречались лимфоциты, они наиболее чувствительны к радиоактивному излучению.

11.207. Под действием излучения лимфоидные клетки погибают, а под микроскопом можно наблюдать, как они уплотняются, уменьшаясь в размерах, а затем и распадаются. После гибели этих клеток и удаления их остатков из организма лимфатические узлы атрофируются. Такое изменение обычно наблюдалось среди пострадавших в Японии. После облучения лимфатические узлы на некоторое время теряют способность вырабатывать лимфоидные клетки, причем длительность этого периода зависит от дозы. В результате прекращения деятельности лимфатических желез и гибели уже существующих лимфоцитов содержание этих телец в крови резко падает. Это легко поддающееся измерению изменение состава крови оказалось надежным и чувствительным средством ранней диагностики радиационного поражения. Быстрое и почти полное исчезновение лимфоцитов крови означает неизбежность смерти, а отсутствие изменений в течение трех суток после облучения указывает, что излучение не будет иметь тяжелых последствий.

11.208. Атрофия лимфатических узлов, миндалин, аденоидов, подслизистой оболочки кишечного тракта, аппендикса и селезенки относится к числу наиболее обычных симптомов заболеваний, которые наблюдались среди пострадавших в Японии.

Костный мозг

11.209. Поскольку большая часть клеток, которые входят в состав крови (если не считать лимфоцитов), вырабатывается в чувствительных к облучению клетках костного мозга, возникновение лучевого синдрома сопровождается резкими изменениями соотношения элементов крови. При нормальных условиях зрелые клетки крови выходят из костного мозга и, попав в кровеносную систему, остаются там до момента естественной гибели или гибели в борьбе с инфекцией. Средний срок жизни изменяется от одного вида клеток к другому. Чем короче срок жизни конкретного вида клетки, тем быстрее клетки костного мозга потеряют способность к образованию того или иного вида клеток крови, и это будет видно по уменьшению количества этих клеток в объеме крови. В последнюю очередь погибают красные кровяные тельца, имеющие самую большую продолжительность жизни (120 дней), хотя

их клетки-родители не менее чувствительны к облучению, чем лейкоциты.

11.210. Вскоре после облучения в костном мозгу наблюдаются резкие изменения. Немедленно прекращается на какое-то время процесс деления клеток. У тех клеток, которые в период облучения уже начали делиться, процесс продолжается и завершается, после чего они ускоренно прогрессируют в своем развитии. Так как все зрелые клетки уходят из костного мозга, то в нем уменьшается содержание как зрелых клеток, так и клеток, не завершивших своего развития. Постепенно костный мозг, если в нем не происходит регенерации, все более и более истощается, но расширяется в объеме и заполняется кровью, причем в освободившихся от костного мозга полостях отмечается желатинообразный отек; крупные фагоциты с остатками мертвых клеток костного мозга выводятся из кровеносной системы. Такая крайняя степень атрофии костного мозга обычно наблюдалась среди лиц, которые погибли от лучевой болезни в Японии в течение 4 месяцев после взрыва. У некоторых из этих жертв, которые продержались дольше, отмечалось восстановление способности клеток костного мозга к размножению.

Органы размножения

11.211. После облучения яичек летальной дозой излучения в сперматогенном эпителии процесс деления клеток немедленно прекращается. Сначала наступает их уменьшение и уплотнение, т. е. гибель ядра сперматогоний — самой примитивной формы сперматогонного эпителия. После этого дальнейшее созревание клеток эпителия происходит без деления, и затем оставшиеся сперматозоиды уходят из яичек, а по мере созревания оттуда выводятся также и клетки сперматогенного эпителия.

11.212. Хотя яичники весьма чувствительны к излучению, очевидные изменения в этих органах были менее резкими, чем изменения в мужских половых железах. Зачатки яйца можно обнаружить в стадии прогрессирующей атрофии и дегенерации. У некоторых жертв ядерного излучения в Японии нарушается процесс образования фоликул и связанный с ним менструальный цикл. Наблюдалось учащение выкидышей и преждевременных родов, а также увеличение смертности среди беременных женщин. Перечисленные явления варьировали по тяжести в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва.

11.213. Морфологические изменения в органах размножения человека, которые приводят к стерилизации, происходят, как предполагается, при дозах излучения от 450 до 600 бэр. У пострадавших японцев и японок наблюдались различные степени временной стерилизации. Многие лица, считавшиеся стерилизованными, оказались в состоянии произвести на свет детей, которые по своему развитию совершенно нормальны.

Выпадение волос

11.214. Выпадение волос обычно отмечалось среди жителей Японии, если они оставались в живых через 2 или более недель после взрыва. Как у мужчин, так и женщин выпадение начиналось на 13—14-й день после взрыва. Волосы обильно выпадали во время расчесывания, хотя и без этого выпадение волос проходило очень интенсивно в течение последующих двух недель.

11.215. Выпадение волос под действием облучения происходило, в общем, так же, как у мужчин, в результате естественного старения. Волос из бровей, ресниц и бороды выпадало значительно меньше. При тяжелых поражениях рост волос возобновлялся через несколько месяцев, и ни в одном случае эпиляция не носила необратимого характера.

Желудочно-кишечный тракт

11.216. Среди наиболее серьезных изменений, которые наблюдались у пострадавших от облучения японцев, отмечалось изъязвление эпителия кишок. Наибольшей чувствительностью отличалась первая половина тонких кишок, но образовавшиеся здесь язвы были неглубокими. Чаще всего язвы обнаруживались в лимфоидной ткани слепой и толстой кишки, где более всего вероятна бактериальная инфекция.

11.217. Патолого-анатомическое исследование ткани под микроскопом показывает, что во всем желудочно-кишечном тракте происходят глубокие изменения. Погибают те клетки желудка, в которых происходит выделение кислоты. В протоках желез кишечника прекращается процесс деления. Клетки эпителиального покрова кишок не могли восстанавливаться, а сам эпителий набухал и отмирал. В случае бактериальной инфекции образуются язвы, которые покрываются густой слизью с калом. В связи с уменьшением числа лейкоцитов и ослаблением иммунологической реакции организма эти язвы часто становятся воротами инфекции, которая и является причиной смерти пострадавшего от облучения.

Кровотечение и инфекция

11.218. Кровоизлияние является распространенным симптомом лучевой болезни, поскольку в результате облучения уничтожаются мегакариоциты, которые вырабатывают необходимые для свертывания крови тромбоциты, и эти тельца более не восстанавливаются. Если кровоизлияние происходит в жизненно важных органах, то последствием его может явиться смерть. Часто кровоизлияние распространяется по всему телу, и тогда неизбежна тяжелая форма анемии с последующим смертельным исходом.

11.219. В связи с распадом эпителиального покрова тканей, гибелью белых кровяных телец и антител понижается сопротивляемость организма к микробной и вирусной инфекции. Если через несколько дней после получения большой дозы излучения пострадавший остается в живых, то в кровеносную систему поступают бактерии, и тогда облученный погибает от инфекции. Часто такие инфекции вызываются безвредными в обычных условиях бактериями.

11.220. Внешним показателем сильного поражения костного мозга, лимфатических желез и эпителиального покрова в случае облучения всего тела часто является гангренозное изъязвление миндалин и глотки. Такое изменение (агранулоцитозная анемия) наблюдается и в случае отравления костного мозга химическими ядами, когда возникает аналогичная клиническая картина. Такого рода изъязвления и сопутствующая пневмония необычны тем, что в этом случае почти полностью отсутствует гнойное отделение, что связано с недостаточностью белых кровяных телец. Хотя большинство микробных организмов можно подавить антибиотиками, трудно бороться с вирусами и грибками, в связи с чем после облучения часто наблюдается заражение крови со смертельным исходом.

ГЛАВА 12

ПРИНЦИПЫ ПРОТИВОАТОМНОЙ ЗАЩИТЫ

ОСНОВЫ ПРОТИВОАТОМНОЙ ЗАЩИТЫ

Введение

12.01. В предыдущих главах книги были рассмотрены явления, сопровождающие ядерный взрыв, а также поражающие факторы этого взрыва и их действия на человека. Однако при планировании мероприятий по противоатомной защите возникает такое множество непредвиденных обстоятельств, что не представляется возможным сделать точный анализ какой-либо конкретной обстановки. Например, невозможно заранее определить, где или когда будет произведен ядерный взрыв и какова будет мощность или вид взрыва. Тем не менее существуют определенные основные принципы, которые при правильном их понимании и использовании могут оказать пользу при осуществлении мероприятий по защите населения от ядерного нападения.

12.02. Для наиболее эффективного использования принципов противоатомной защиты необходимо предварительное осуществление ряда мероприятий. Однако при правильном понимании этих принципов некоторую защиту от воздействия поражающих факторов ядерного взрыва возможно обеспечить даже в некоторых чрезвычайных обстоятельствах. Целью данной главы является рассмотрение в упрощенном виде количественной стороны действия ядерного оружия и использование этих данных для пояснения принципов противоатомной защиты. Приводимые здесь данные могут оказаться полезными при определении характера требуемой защиты и мер, которые необходимо заранее принять для ее обеспечения.

12.03. В последующих разделах рассматриваются различные виды действия основных поражающих факторов ядерного взрыва, а также принципы защиты. Кроме того, указывается, какие мероприятия, осуществляемые для защиты от одного какого-либо поражающего фактора, могут обеспечить защиту также от других поражающих факторов ядерного взрыва.

Мгновенное и замедленное действие поражающих факторов ядерного взрыва

12.04. По характеру действия поражающие факторы можно разделить на две общие категории: мгновенного действия и замедленного действия. Мгновенным действием считается действие, оказываемое в течение нескольких минут с момента взрыва. К поражающим факторам мгновенного действия относятся воздушная ударная волна и ударная волна в воде, волна сжатия, световое излучение (в виде света и тепла), а также начальное ядерное излучение.

12.05. Замедленное поражающее действие ядерного взрыва связано с радиоактивностью продуктов взрыва, выпадающих из радиоактивного облака, а также с наведенной радиоактивностью, возникающей под действием потока нейтронов. Раннее выпадение на поверхность земли продуктов взрыва из радиоактивного облака наземного взрыва начинается через несколько минут после взрыва и происходит в непосредственной близости от его эпицентра; по мере увеличения времени с момента взрыва выпадение радиоактивных веществ происходит на все большем и большем расстоянии от эпицентра взрыва, которое зависит от эффективной скорости ветра и его направления. На расстоянии в несколько сот километров от эпицентра взрыва выпадение радиоактивных веществ из радиоактивного облака может начаться только спустя 24 часа с момента взрыва. Длительность выпадения радиоактивных веществ в каком-либо пункте может составлять несколько часов. Значительное заражение местности в результате раннего выпадения радиоактивных веществ при наземном (надводном) или подземном (подводном) взрывах обусловлена большим выбросом грунта (воды) в атмосферу; при воздушном же взрыве или подземном взрыве на большой глубине раннего выпадения радиоактивных веществ не происходит. Возникающая под действием потока нейтронов наведенная радиоактивность (за исключением наведенной радиоактивности в материалах ядерного боеприпаса) существует лишь на небольшом расстоянии от эпицентра взрыва, и ее интенсивность падает гораздо быстрее, чем интенсивность излучения продуктов взрыва, выпадающих из радиоактивного облака.

12.06. Позднее выпадение радиоактивных продуктов взрыва происходит при всех видах ядерных взрывов (кроме подземных и подводных взрывов на большой глубине). Однако позднее выпадение радиоактивных веществ обычно начинается только спустя несколько недель или месяцев после взрыва.

Расстояния, на которых проявляется мгновенное действие поражающих факторов ядерного взрыва

12.07. Расстояния, на которых проявляется мгновенное действие поражающих факторов ядерного взрыва, определены с достаточной степенью точности. В зависимости от расстояния последст-

вия мгновенного действия поражающих факторов будут различны. Например, при ядерном взрыве вокруг эпицентра будут создаваться зоны, в которых разрушения в результате действия воздушной ударной волны и волны сжатия в грунте, а также возникающие при этом пожары будут настолько сильными, что выживание людей, находящихся в момент взрыва в обычных сооружениях, окажется маловероятным. На более значительных расстояниях от эпицентра взрыва действие поражающих факторов мгновенного действия будет слабее, а вызываемые ими разрушения (повреждения) сооружения окажутся меньшими и проявятся, например,

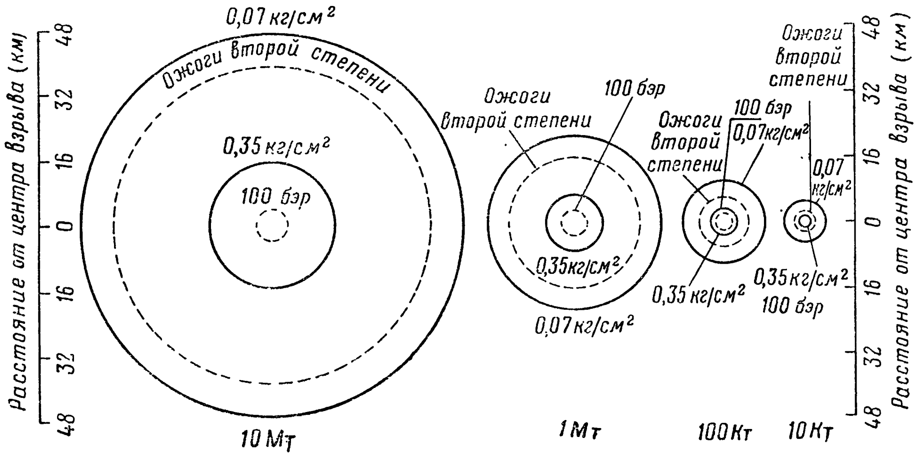


Рис. 12.08. Дальность действия поражающих факторов ядерного взрыва в идеальных условиях

в виде выбитых оконных стекол и поврежденных оконных и дверных рам. Между зоной сплошного разрушения и зоной незначительных повреждений находится район, в котором принятие мер противоатомной защиты позволит существенно сократить потери при взрыве.

12.08. Расстояния от эпицентра взрыва, на которых вероятны разрушения различной степени, зависят главным образом от мощности и вида взрыва. Рельеф местности и метеорологические условия также оказывают влияние на эти расстояния. Используя данные, рассмотренные в предыдущих главах, представляется возможным начертить ряд окружностей, как показано на рис. 12.08, изображающих зоны, внутри которых вероятно действие различных поражающих факторов воздушных взрывов мощностью от 10 килотонн до 10 мегатонн. Высота взрывов выбрана такой, при которой действие каждого поражающего фактора распространяется на максимальное расстояние. Другими словами, радиусы окружностей характеризуют собой максимальные расстояния, на которых будет отмечаться поражающее действие светового излу-

чения, начального ядерного излучения и избыточного давления ударной волны любого воздушного взрыва заданной мощности. Необходимо отметить, что ограниченные окружности зоны относятся к идеальным условиям. В действительности, как это происходило в Японии, форма этих зон будет меняться в зависимости от рельефа местности, погоды и т. д. Обстановка может быть также значительно изменена при нескольких взрывах на небольшом расстоянии друг от друга.

12.09. Внутри круга, в котором избыточное давление равно 0,35 кг/см², почти все дома обычного типа будут полностью разрушены, и их последующий ремонт окажется невозможным. Внутри данной зоны разрушению будут подвержены даже прочные здания, в том числе железобетонные и стальные сооружения; без принятия мер защиты степень поражения людей в этой зоне будет высокой. В центральной зоне сильных разрушений будут наблюдаться также большие пожары. Люди, находящиеся в этой зоне, будут подвергаться не только поражающему действию ударной волны, но также действию начального ядерного и светового излучений. За исключением отдельных случайностей, лишь немногие лица останутся в живых, если они сумели укрыться в прочных сооружениях или убежищах, устойчивых к действию пожара, ударной волны и волны сжатия, а также ослабляющих действие ядерного излучения.

12.10. На расстояниях от эпицентра взрыва, на которых избыточное давление ударной волны составляет 0,07 кг/см², разрушительное действие воздушной ударной волны окажется незначительным. Оконные рамы, двери и штукатурка получат легкие повреждения. Оконные стекла будут выбиты на гораздо больших расстояниях от эпицентра взрыва. Начальное ядерное излучение будет настолько незначительным, что его непосредственные последствия окажутся ничтожными; однако источником сильных поражений все еще может являться световое излучение. На расстояниях, на которых избыточное давление достигает 0,07 кг/см², могут наблюдаться ожоги второй степени, а на значительно бóльших от эпицентра взрыва расстояниях будут иметь место менее сильные ожоги. Поражение глаз может произойти даже на еще более значительных расстояниях; например, при ядерном взрыве мощностью несколько мегатонн на большой высоте это расстояние может составлять несколько сотен километров. Кроме того, в сухую ясную погоду в местах скопления легко воспламеняемых материалов и в кучах мусора могут возникнуть небольшие пожары, которые затем перерастут в огромный сплошной пожар.

Зоны эффективной защиты

12.11. В Японии в тех случаях, когда были приняты незначительные меры защиты, вероятность сохранения жизни людей зависела от того, находились ли они в момент взрыва снаружи или внутри здания и каков был тип самого здания. На расстояниях

0,48—0,64 км от эпицентра взрыва средняя вероятность выживания людей примерно через 20 дней после взрыва составляла менее 20%. На этих расстояниях даже примерно из 800 человек, находившихся в двух железобетонных административных зданиях, почти 90% оставались в течение более 20 дней живыми, хотя некоторые из них впоследствии умерли от радиационных поражений. Кроме того, примерно из 3000 человек учащихся города Хиросима, находившихся на расстоянии около 1,6 км от эпицентра взрыва, вне помещений и без какого-либо укрытия, до 90% погибли или пропали без вести в результате взрыва. Однако примерно из 5000 учащихся, находившихся в момент взрыва в этом же районе в различных укрытиях, погибли только 26%. Эти факты с достаточной ясностью показывают, что принятие соответствующих мер оповещения и защиты увеличивает вероятность выживания людей.

12.12. Приближенно можно считать, что при воздушном взрыве минимальным расстоянием, на котором сооружения обычного типа могут обеспечить защиту людей, является расстояние от эпицентра взрыва, охватывающее зоны с избыточным давлением в 0,35 кг/см^2; максимальным расстоянием, за которым будут иметь место лишь незначительные потери, является расстояние от эпицентра взрыва, охватывающее зоны с величиной избыточного давления в 0,07 кг/см^2 (или границы зон, в которых будут получены ожоги второй степени). Как указывалось выше, выживание людей, находившихся во время взрыва в Хиросиме в зданиях, оказывалось возможным на расстояниях, на которых величина избыточного давления вне помещений составляла 1—1,4 кг/см^2. Поэтому выбранная несколько произвольно величина избыточного давления, равная 0,35 кг/см^2 и наблюдавшаяся на расстоянии немногим более 1,6 км от эпицентра взрыва, осуществленного в Японии, является слишком заниженной.

Из рис. 12.08 следует, что в любом случае площадь, на которой может быть создана эффективная противоатомная защита, в 8—10 раз больше площади, в пределах которой вероятность выживания людей мала. Из этого можно сделать вывод, что значительная часть населения, подверженная «риску» поражения в результате ядерного взрыва, будет находиться в зоне, в которой масштабы людских потерь от мгновенного действия поражающих факторов ядерного оружия могут быть значительно сокращены в случае принятия мер противоатомной защиты.

12.13. Изображенные на рис. 12.08 окружности относятся к воздушному взрыву, который, по существу, не сопровождается ранним выпадением радиоактивных продуктов взрыва. Если же взрыв происходит на поверхности земли (воды) или возле нее, обстановка будет иной. Расстояния для избыточного давления сократятся до $^3/_4$ значений, указанных на рис. 12.08, а расстояния, на которых будут получены ожоги второй степени, составят лишь около $^4/_5$ указанных выше значений. Однако при этом будет происходить раннее выпадение радиоактивных веществ на большой площади, составляющей для взрыва мощностью 1 килотонна около 18 км^2, а для взрыва мощностью 10 мегатонн — несколько тысяч квадратных километров. В главе 9 приводятся данные, которые могут быть использованы при планировании мероприятий по защите от действия ядерных взрывов, однако выводы относительно степени поражения, которое могут получить люди в результате раннего выпадения радиоактивных веществ, нельзя выразить простой графической формой. Вместе с тем можно вполне определенно сказать, что при наземном взрыве большой мощности в результате раннего выпадения радиоактивных веществ очень большой район, простирающийся от центра взрыва на расстояние 480—640 км в направлении ветра, может оказаться зараженным. Размеры зараженной площади будут зависеть как от общей мощности ядерного взрыва, так и от доли этой мощности, приходящейся на реакцию деления. Расстояние, на котором будет наблюдаться сильное заражение выпадающими радиоактивными веществами, зависит от направления и скорости ветра на всех высотах от верхней кромки радиоактивного облака до поверхности земли.

12.14. Исходя из рассмотренных выше положений, нет необходимости доказывать важность проблемы предварительного планирования мероприятий по защите для этой большой зоны вероятного заражения радиоактивными веществами. В слишком удаленных от места взрыва районах, в которых мгновенное действие поражающих факторов ядерного взрыва, т. е. действие воздушной ударной волны, волны сжатия, начального ядерного излучения и светового излучения, абсолютно не приведет ни к каким последствиям, чрезвычайно серьезные поражения могут вызвать радиоактивные продукты взрыва, если при возникновении угрожаемого положения заранее не будут приняты меры по защите от их воздействия.

Относительное значение поражающих факторов ядерного взрыва и факторов времени

12.15. Невозможно произвести какой-либо один ядерный взрыв, при котором действие всех поражающих факторов было бы максимальным. Так при наземном взрыве величина площади, которая окажется под воздействием ударной волны, светового излучения и начального ядерного излучения, будет намного меньше, чем при воздушном взрыве такой же мощности. Однако, с другой стороны, наземный взрыв сопровождается ранним выпадением радиоактивных веществ, в то время как при воздушном взрыве это явление отсутствует. Даже при воздушных взрывах относительный эффект действия различных поражающих факторов зависит от высоты взрыва.

12.16. При последующем анализе на основе опытных данных делается попытка определить степень относительной опасности, возникающей при действии различных поражающих факторов

ядерного взрыва данной мощности, осуществляемого в различных условиях. Различные поражающие факторы рассмотрены в той последовательности, которая наиболее характерна для явлений, сопровождающих ядерный взрыв.

Вначале появляется очень яркая вспышка света, сопровождаемая излучением тепловой энергии; оба эти явления образуют часть светового излучения. В этот же момент возникает начальное ядерное излучение, которое имеет место и после того, как прекратилось световое излучение. Затем при наличии соответствующих условий возникает распространяющаяся в грунте волна сжатия или ударная волна в воде, вслед за которой сразу же следует воздушная ударная (и звуковая) волна; после этого происходит раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва (если оно вообще имеет место), которое может продолжаться в течение нескольких часов. Общие выводы сведены в таблицу 12.16, в которой определенным количеством крестиков отмечена степень (или сила) действия определенных поражающих факторов ядерного взрыва. Различие в степени действия различных видов взрыва приводится ниже.

Таблица 12.16

Относительная интенсивность поражающих факторов различных видов взрывов[1]

Виды взрыва	Световое излучение: начальная вспышка света	Световое излучение: световое излучение	Начальное ядерное излучение	Волна сжатия в грунте или ударная волна в воде	Воздушная ударная волна	Раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва
На большой высоте	XXXX	XX	X	—	X	—
Воздушный	XXX	XXXX	XXXX	X	XXXX	—
Наземный	XX	XXX	XXX	XX	XXX	XXXX
Надводный	XXX	XXX	XXX	XX	XXX	XXXX
Подземный (подводный) на большой глубине	—	—	—	XXXX	—	—

Взрыв на большой высоте

Начальная вспышка света: очень интенсивная.

Световое излучение: умеренное, уменьшается по мере увеличения высоты взрыва.

Начальное ядерное излучение: ничтожно.

[1] Число крестиков приближенно означает относительную интенсивность указанных в таблице поражающих факторов на человека, находящегося на поверхности земли. Четыре крестика соответствуют наиболее сильной степени действия поражающих факторов для данного вида взрыва; черточки в колонках таблицы означают, что действие данного поражающего фактора ничтожно или отсутствует. Более подробная характеристика действия поражающих факторов приводится в пояснительном тексте.

Волна сжатия в грунте: ничтожна.

Воздушная ударная волна: незначительная на поверхности земли, уменьшается по мере увеличения высоты взрыва.

Раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва: нет.

Вывод. Наиболее значительным поражающим фактором является вспышка света, приводящая к ослеплению людей на очень большой площади; ожоги глаз будут наблюдаться у лиц, непосредственно смотревших на взрыв. Действие остальных поражающих факторов будет относительно незначительным.

Воздушный взрыв

Начальная вспышка света: довольно интенсивная, но гораздо слабее, чем при взрыве на большой высоте.

Световое излучение: интенсивное, ощутимое на значительных расстояниях.

Начальное ядерное излучение: интенсивное, но обычно его поражающее действие проявляется на значительно меньших расстояниях по сравнению с действием светового излучения.

Волна сжатия в грунте: ничтожна, за исключением случаев, когда взрыв происходит на очень малой высоте.

Воздушная ударная волна: интенсивная.

Раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва: ничтожно.

Вывод. Действие ударной волны вызовет значительные разрушения сооружений на большой площади, возможны ожоги незащищенных участков тела, а поражение глаз — на еще большей площади; начальное ядерное излучение вызовет поражение на значительно меньших расстояниях; опасность поражения от действия радиоактивных продуктов взрыва при их раннем выпадении будет ничтожной.

Наземный взрыв

Начальная вспышка света: менее интенсивная, чем при воздушном взрыве, но все же сильная.

Световое излучение: менее интенсивное, чем при воздушном взрыве, но все же значительное.

Начальное ядерное излучение: менее интенсивное, чем при воздушном взрыве.

Волна сжатия в грунте: на расстоянии, равном трем радиусам образующейся при взрыве воронки, вызовет разрушения, но на больших расстояниях ее действие будет незначительным.

Воздушная ударная волна: по сравнению с воздушным взрывом более значительная близко от центра взрыва и значительно меньше на больших расстояниях.

Раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва: может быть значительным (при взрыве большой мощности) и охватывать обширные районы.

Вывод. За исключением зоны, непосредственно прилегающей к эпицентру взрыва, в которой будет наблюдаться фактически сплошное разрушение сооружений, действие ударной волны, светового излучения и начального ядерного излучения будет наблюдаться на меньших расстояниях, чем при воздушном взрыве. Однако очень серьезные поражения людей на большой площади, где не наблюдается действия остальных поражающих факторов, возможны в результате заражения, вызванного ранним выпадением радиоактивных продуктов взрыва.

Подземный взрыв на незначительной глубине

Начальная вспышка света, световое излучение и начальное ядерное излучение: менее интенсивны, чем при наземном взрыве, и зависят от степени прорыва огненного шара в атмосферу.

Волна сжатия в грунте: вызывает разрушения сооружений на расстоянии, равном трем радиусам образующейся при взрыве воронки, но ее действие будет незначительным на больших расстояниях.

Воздушная ударная волна: менее интенсивная, чем при наземном взрыве, и зависит от глубины, на которой происходит взрыв.

Раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва: может быть значительным, если глубина взрыва не слишком большая; кроме того, возможно образование базисной волны с очень высокой степенью радиоактивности.

Вывод. Действие светового излучения и начального ядерного излучения будет менее значительно, чем при наземном взрыве; раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва может быть значительным; на расстояниях, не слишком удаленных от эпицентра взрыва, серьезную опасность для людей будет представлять базисная волна.

Надводный взрыв

Начальная вспышка света: несколько интенсивнее, чем при наземном взрыве.

Световое излучение: имеет такую же интенсивность, как и при наземном взрыве.

Начальное ядерное излучение: такой же интенсивности, как и при наземном взрыве.

Ударная волна в воде: может вызвать повреждения судов и подводных сооружений на значительном расстоянии от эпицентра взрыва.

Воздушная ударная волна: имеет такую же интенсивность, как и при наземном взрыве.

Раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва: может быть значительным.

Вывод. Общее поражающее действие надводного взрыва примерно такое же, как и действие наземного взрыва, за исключением действия ударной волны в воде, которая распространяется на гораздо бо̀льшие расстояния, чем волна сжатия в грунте. Кроме того, возникающие при надводном взрыве поверхностные волны в результате механического действия и затопления могут вызвать повреждение объектов, расположенных непосредственно у берега.

Подводный взрыв на небольшой глубине

Световое излучение и начальное ядерное излучение: менее интенсивны, чем при надводном взрыве, и зависят от глубины взрыва.

Ударная волна в воде: вызывает поражение на большем расстоянии, чем при надводном взрыве.

Воздушная ударная волна: менее интенсивная, чем при наземном (надводном) взрыве, и зависит от глубины, на которой происходит взрыв.

Раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва: может быть значительным, если глубина взрыва не слишком большая; кроме того, возможно образование базисной волны с очень высокой степенью радиоактивности.

Вывод. Световое излучение, начальное ядерное излучение и действие ударной волны будут меньшими, чем при наземном (надводном) взрыве; раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва может быть значительным; на небольших расстояниях от эпицентра взрыва серьезную опасность поражения людей будет представлять радиоактивная базисная волна. Обычные водяные волны, как и при надводном взрыве, могут вызвать повреждение объектов, расположенных на берегу.

Подземные (подводные) взрывы на большой глубине

Световое излучение и начальное ядерное излучение: ничтожны или отсутствуют.

Волна сжатия в грунте (ударная волна в воде): очень значительная, особенно на довольно близком расстоянии от центра взрыва.

Воздушная ударная волна: ничтожная или совершенно отсутствует.

Раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва: отсутствует.

Вывод. Если продукты взрыва не прорываются в атмосферу, то единственным поражающим фактором будет являться волна сжатия в грунте или ударная волна в воде. Действие остальных поражающих факторов будет незначительным.

Таблица 12.18

Значение параметров поражающих факторов при заданных расстояниях

Расстояние от эпицентра взрыва	Мощность взрыва				
	1 кт	10 кт	100 кт	1 мт	10 мт
0,8 км					
Избыточное давление (кг/см²)	0,29	0,91	3,2	(*)	(*)
Световое излучение (кал/см²)	3,8	38	380	(*)	(*)
Начальное ядерное излучение (бэр)	670	$6,7\times10^3$	$7,6\times10^4$	(*)	(*)
1,6 км					
Избыточное давление (кг/см²)	0,1	0,31	0,98	(*)	(*)
Световое излучение (кал/см²)	0,9	9,1	91	(*)	(*)
Начальное ядерное излучение (бэр)	9,1	91	1100	(*)	(*)
3,2 км					
Избыточное давление (кг/см²)	$<0,07$	0,12	0,35	1,13	(*)
Световое излучение (кал/см²)	0,2	2,1	21	210	(*)
Начальное ядерное излучение (бэр)	—	0,2	1,9	35	(*)
4,8 км					
Избыточное давление (кг/см²)	—	0,07	0,19	0,6	2,0
Световое излучение (кал/см²)	—	0,9	9,0	90	900
Начальное ядерное излучение (бэр)	—	—	—	$<1,0$	2,6
8 км					
Избыточное давление (кг/см²)	—	$<0,07$	0,09	0,29	0,91
Световое излучение (кал/см²)	—	$<1,0$	3,0	30	300
16 км					
Избыточное давление (кг/см²)	—	—	$<0,07$	0,1	0,31
Световое излучение (кал/см²)	—	—	$<1,0$	6,6	66
32 км					
Избыточное давление (кг/см²)	—	—	—	$<0,07$	0,12
Световое излучение (кал/см²)	—	—	—	1,4	14
80 км					
Избыточное давление (кг/см²)	—	—	—	—	$<0,07$
Световое излучение (кал/см²)	—	—	—	$<1,0$	1,7

12.17. Другой важной особенностью действия поражающих факторов ядерного взрыва, которую следует учитывать при организации противоатомной защиты, является неодновременность их возникновения. Первым, почти мгновенным внешним проявлением ядерного взрыва, происходящего в воздухе или на поверхности земли (воды), является яркая вспышка. Во многих случаях после вспышки могут быть приняты соответствующие меры защиты, которые значительно уменьшат степень вызываемых взрывом поражений. На расстояниях, превышающих радиусы мгновенного действия ударной волны, светового излучения и начального ядерного излучения, возможно, будет иметься время для принятия мер по уменьшению эффективности воздействия выпадающих радиоактивных продуктов взрыва.

* Внутри или вблизи огненного шара.

12.18. Как правило, при планировании мероприятий по противоатомной защите полезно знать значение параметров поражающих факторов на определенном расстоянии от эпицентра взрыва заданной мощности. Эти данные приводятся на графиках и таблицах, приведенных в предыдущих главах книги, и могут быть найдены по оглавлению. Часть этих данных, относящихся к воздушным взрывам, приводится в таблице 12.18, которая в некоторых случаях может оказаться более удобной. Высота взрывов выбрана такой, при которой достигается максимальное действие различных поражающих факторов. Крестики в некоторых колонках таблицы означают, что соответствующее расстояние находится в пределах огненного шара; черточки в ряде колонок таблицы соответствуют настолько малой величине определенных поражающих факторов, что ими можно пренебречь. Для расстояния, равного 8 км и более от эпицентра взрыва, дозы начального ядерного излучения не приводятся ввиду своей чрезвычайно малой величины даже при взрыве мощностью 10 мегатонн.

ПОРАЖАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Действие на сооружения

12.19. Поражения людей, находящихся как внутри сооружений, так и вне их, могут происходить в результате разрушения (повреждения) сооружений под действием ударной волны. Лица, находящиеся внутри зданий, могут получить поражения и оказаться заваленными в результате разрушения здания или пожара, а те, которые находятся снаружи, могут получить ушибы летящими осколками. По этой причине, а также по другим причинам понимание относительной устойчивости сооружений к действию воздушной ударной волны является важным аспектом противоатомной защиты. Размеры разрушений зависят от величины максимального избыточного давления и скоростного напора, однако для некоторых сооружений наибольшее значение имеет либо один, либо другой вид давления. Для большинства административных и жилых зданий, в том числе домов обычного типа, степень разрушения зависит главным образом от величины максимального избыточного давления; примерная зависимость между величиной

избыточного давления и вероятной степенью повреждения сооружений приведена в таблице 12.19.

Таблица 12.19

Зависимость между величиной максимального избыточного давления и степенью повреждения сооружений

Тип сооружения	Степень повреждения	Избыточное давление (кг/см²)
Жилое здание с деревянным каркасом	Среднее Сильное	0,14—0,21 0,21—0,28
Кирпичное жилое многоквартирное здание с несущими стенами	Среднее Сильное	0,21—0,28 0,35—0,42
Многоэтажное массивное здание с несущими стенами	Среднее Сильное	0,42—0,49 0,56—0,77
Железобетонное здание с бетонными стенами и небольшой площадью оконных проемов (неустойчиво к действию землетрясения)	Среднее Сильное	0,56—0,7 0,77—1,05

12.20. Данные таблицы могут быть использованы совместно с данными зависимости величины избыточного давления от расстояния, указанными в таблице 12.18, или с графиками, приведенными в главе 3. Высота взрыва берется такой, при которой район повреждения сооружений будет максимальным. Например, из таблицы 12.18 следует, что при воздушном взрыве мощностью в 1 мегатонну максимальное избыточное давление, равное 0,21—0,29 кг/см², будет наблюдаться на расстоянии около 8 км от эпицентра взрыва. Поэтому это расстояние будет являться границей средних повреждений кирпичных многоквартирных зданий и сильных повреждений жилых зданий с деревянным каркасом.

12.21. В таблице 12.21 приводятся радиусы повреждения сооружений, полученные на основе данных рис. 4.58а. Высоты взрывов приняты оптимальными. При наземном взрыве радиус повреждения сооружений составит ³/₄ от радиуса повреждений при воздушном взрыве той же мощности.

12.22. В таблицах 12.22а и 12.22б приводятся данные о действии воздушных взрывов мощностью 20 килотонн и 1 мегатонна на различные сооружения, в том числе на сооружения, разрушающиеся под действием скоростного напора. Эти взрывы относятся к «типичным» воздушным взрывам, осуществляемым соответственно на высотах 560 и 2000 м; в таблице же 12.21 и на рис. 4.58а и 4.58б приведены данные для таких высот взрыва, на которых достигаются максимальные площади поражения каждого типа сооружений.

Таблица 12.21

Максимальные расстояния от эпицентра взрыва, на которых будут наблюдаться повреждения сооружений при воздушных взрывах [1]

Тип сооружения	Степень повреждения	Мощность взрыва: 1 кт	10 кт	100 кт	1 мт	10 мт
		Расстояния от эпицентра взрыва (км)				
Жилое здание с деревянным каркасом	Среднее Сильное	1,05 0,75	2,4 1,75	5,1 3,8	10,5 8,8	22,1 19,2
Кирпичное жилое многоквартирное здание с несущими стенами	Среднее Сильное	0,85 0,54	1,75 1,22	3,8 2,7	7,5 5,6	16,0 13,9
Многоэтажное массивное здание с несущими стенами	Среднее Сильное	0,57 0,37	1,22 0,88	2,5 2,1	5,6 4,5	11,8 9,8
Железобетонное здание с бетонными стенами и небольшой площадью оконных проемов (неустойчиво к действию землетрясения)	Среднее Сильное	0,45 0,3	0,97 0,7	2,4 1,75	5,45 4,0	11,5 9,4

Таблица 12.22а

Радиусы поражений, вызываемых типичным воздушным взрывом мощностью 20 килотонн

Максимальная скорость воздуха (км/час)	Продолжительность положительной фазы (сек.)	Максимальный скоростной напор (кг/см²)	Максимальное избыточное давление (кг/см²)	Расстояние от эпицентра взрыва (км)	Характер повреждения
112	0,95	0,006	0,14	3,0	Легкие повреждения оконных рам и дверей; повреждение штукатурки средней степени на расстоянии около 6,4 км; выбивание оконных стекол возможно на расстоянии 12,8 км. Жидкие топлива: воспламенение
126	0,94	0,008	0,16	2,7	Здания с деревянным каркасом: повреждения средней степени
149	0,92	0,012	0,19	2,4	Дымовые трубы: легкие повреждения
179	0,90	0,019	0,22	2,1	Здания с деревянным каркасом: сильные повреждения Радио- и телевизионные антенны: повреждения средней степени Кирпичные многоквартирные здания с несущими стенами: повреждения средней степени

[1] При наземном взрыве соответствующие расстояния будут составлять ³/₄ расстояний, указанных в таблице.

Продолжение

Максимальная скорость воздуха (км/час)	Продолжительность положительной фазы (сек.)	Максимальный скоростной напор (кг/см²)	Максимальное избыточное давление (кг/см²)	Расстояние от эпицентра взрыва (км)	Характер повреждения
222	0,86	0,029	0,29	1,8	Кирпичные многоквартирные здания с несущими стенами: сильные повреждения Телефонные и электросиловые линии: граница значительных повреждений
305	0,80	0,056	0,42	1,5	Массивные многоэтажные здания с несущими стенами: повреждения средней степени Промышленные здания с легким стальным каркасом: повреждения средней степени
465	0,72	0,105	0,7	1,2	Массивные многоэтажные здания с несущими стенами: сильные повреждения Промышленные здания с легким стальным каркасом: сильные повреждения Автодорожные и железнодорожные мосты со сквозными пролетами: повреждения средней степени
690	0,63	0,274	1,15	0,9	Многоэтажные административные здания со стальным каркасом: сильные повреждения Средства транспорта: повреждения средней степени Многоэтажные железобетонные здания, устойчивые к действиям ударной волны: повреждения средней степени
735	0,54	0,528	1,59	0,6	Многоэтажные железобетонные административные здания каркасного типа: сильные повреждения Многоэтажные железобетонные здания, устойчивые к действию ударной волны: сильные повреждения Прочие (наземные) сооружения: сильные повреждения или разрушения
415	0,44	0,190	2,12	0,3	

Таблица 12.22б

Радиусы поражений, вызываемых типичным воздушным взрывом мощностью 1 мегатонна

Максимальная скорость воздуха (км/час)	Продолжительность положительной фазы (сек.)	Максимальный скоростной напор (кг/см²)	Максимальное избыточное давление (кг/см²)	Расстояние от эпицентра взрыва (км)	Характер повреждения
70	3,45	0,002	0,08	15,2	Легкие повреждения оконных рам и дверей, повреждение штукатурки средней степени на расстоянии около 6,4 км, выбивание оконных стекол возможно на расстоянии 12,8 км
81	3,45	0,003	0,1	13,7	Жидкие топлива: воспламенение
96	3,44	0,005	0,12	12,2	
115	3,43	0,008	0,14	10,7	Дымовые трубы: легкие повреждения
142	3,40	0,011	0,18	9,1	Здания с деревянным каркасом: повреждения средней степени Радио- и телевизионные антенны: повреждения средней степени
187	3,24	0,019	0,25	7,6	Здания с деревянным каркасом: сильные повреждения Телефонные и электросиловые линии: граница значительных повреждений Кирпичные многоквартирные здания с несущими стенами: повреждения средней степени Кирпичные многоквартирные здания с несущими стенами: сильные повреждения
284	3,02	0,042	0,39	6,1	Промышленные здания с легким стальным каркасом: повреждения средней степени Промышленные здания с легким стальным каркасом: сильные повреждения Массивные многоэтажные здания с несущими стенами: повреждения средней степени
445	2,69	0,099	0,66	4,6	Массивные многоэтажные здания с несущими стенами: сильные повреждения

Продолжение

Максимальная скорость воздуха (км/час)	Продолжительность положительной фазы (сек.)	Максимальный скоростной напор (кг/см²)	Максимальное избыточное давление (кг/см²)	Расстояние от эпицентра взрыва (км)	Характер повреждения
740	2,25	0,37	1,27	3,2	Автодорожные и железнодорожные мосты со сквозными пролетами: повреждения средней степени Многоэтажные административные здания со стальным каркасом: сильные повреждения Средства транспорта: повреждения средней степени Многоэтажные железобетонные административные здания каркасного типа: сильные повреждения
490	1,75	0,25	1,9	1,5	Многоэтажные железобетонные здания, устойчивые к действию ударной волны: повреждения средней степени Многоэтажные железобетонные здания, устойчивые к действию ударной волны: сильные повреждения Прочие (наземные) сооружения: сильные повреждения или разрушение

Действие на людей

12.23. В целях лучшего понимания поражающего действия воздушного ядерного взрыва на людей различают два вида этого действия: прямое и косвенное. К первому виду относится поражающее действие избыточного давления, например поражение ушных барабанных перепонок и легких. Поражение этих органов происходит на очень близком расстоянии от эпицентра взрыва. Косвенное поражающее действие воздушного взрыва может возникнуть при перемещении всего тела человека под действием скоростного напора. Такое действие может происходить на расстоянии, на котором величина избыточного давления и скоростного напора относительно небольшая, так как в этот момент максимальная скорость движения воздуха на открытой местности все еще может быть очень высокой. Косвенное поражающее действие ударной волны может быть вызвано также летящими осколками оконных стекол и различными обломками разрушающихся зданий. Поражения данного типа могут быть многочисленными и охватывать район, в котором величина избыточного давления составляет 0,14 кг/см² и более.

Конструкция сооружений, обеспечивающих защиту от действия ядерного взрыва

12.24. Строительство здания обычного типа, например административного здания, многоквартирного жилого дома или складского помещения, которое было бы устойчиво к действию избыточного давления, равного 1,76 кг/см² или больше, нецелесообразно. Однако посредством осуществления некоторых мер предосторожности возможно без больших дополнительных затрат несколько повысить устойчивость любого здания к действию ударной волны. Здание необходимо проектировать на действие заданного избыточного давления определенной продолжительности, с тем чтобы различные части сооружения могли иметь, по существу, одинаковую прочность. В связи с этим необходимо учитывать, что величина давления отражения на стенку, обращенную к центру взрыва, будет более чем в 2 раза больше давления на боковую стенку. Использование прочных соединений между балками и колоннами, которые обычно применяются в конструкциях, устойчивых к действию землетрясения, а также широкое использование креплений обычно увеличивает прочность сооружения.

12.25. Железобетонные стены больших зданий, которые одновременно являются каркасом здания, максимально увеличат сопротивляемость сооружения действию ударной волны. Здания такого типа выдерживали действие ударной волны при взрыве ядерной бомбы в Японии, хотя внутренняя часть этих зданий была сильно повреждена пожаром. Блочные сооружения из кирпича, бетона или стекла, не имеющие усиления, менее устойчивы по сравнению с железобетонными зданиями к действию ударной волны. Кроме того, разрушение блочных сооружений сопровождается образованием большего числа летящих осколков.

12.26. В промышленных сооружениях, предназначенных, например, для размещения машинного оборудования и имеющих стены, сделанные преимущественно из хрупкого материала (например, из асбестовых плит, а не из металла), действие ударной волны приведет к разрушению наружной обшивки, в результате чего общая нагрузка на каркас здания уменьшится главным образом за счет снижения нагрузки торможения, создаваемой скоростным напором. Образующиеся при этом легкие осколки причинят лишь незначительные повреждения машинам, находящимся внутри здания. Однако для защиты находящихся в этих зданиях людей от летящих кусков хрупкого материала потребуется создание специальных убежищ.

12.27. Во время экспериментальных ядерных взрывов были испытаны убежища для людей, устойчивые к действию ударной волны при величине избыточного давления, равной около 14 кг/см². Находящиеся в таких убежищах животные, подвергавшиеся действию избыточного давления вплоть до 6,4 кг/см², оставались живыми. Подобные или более легкие убежища могут быть построены

при относительно малых затратах средств, если они заранее экономически выгодно спланированы и сооружены при новом строительстве. Важными характеристиками убежищ, устойчивых к действию ударной волны, являются прочность конструкции к действию нагрузок ударной волны с заданной величиной избыточного давления, соответствующая прочность входных дверей, взрывоустойчивая система вентиляции, позволяющая оставаться в убежище до прекращения пожаров, и равноценная защита от ядерного излучения.

12.28. В тех местах, где не имеется специальных убежищ, устойчивых к действию ударной волны, для укрытия людей можно использовать имеющиеся наиболее прочные здания. Для защиты от летящих осколков рекомендуется использовать заранее выбранные укрытия, в которые мало вероятно проникновение осколков, образующихся в результате действия ударной волны. Кроме того, необходимо, чтобы укрывающиеся люди находились как можно дальше от окон и легко разрушаемых материалов (например, оштукатуренных стен и потолков). При разрушении здания ударной волной его тяжелые части, куски строительных материалов и находящиеся в здании предметы будут падать вниз или разбрасываться в стороны. Существует двойная опасность поражения людей — попадание летящих осколков и завалы; поэтому наилучшую защиту можно получить, если расположиться возле стен подвала. Однако при нахождении вне подвальных помещений наиболее безопасными зонами будут обычно являться места возле стен (но без касания их) и в удалении от дверей и окон.

12.29. Даже в том случае, если не было предварительного предупреждения о ядерном нападении и первым признаком этого нападения явилась лишь вспышка света, сохраняется еще возможность предпринять некоторые меры защиты от действия ударной волны. В таблице 12.29 приводятся некоторые приблизительные данные о времени прихода фронта ударной волны на различные расстояния от эпицентра воздушного взрыва мощностью от 1 килотонны до 10 мегатонн.

Таблица 12.29

Зависимость времени прихода фронта ударной волны от мощности взрыва

Расстояние от эпицентра взрыва (км)	Мощность взрыва				
	1 кт	10 кт	100 кт	1 мт	10 мт
	Время прихода (сек)				
1,6	4,3	3,6	3,1	2,5	1,5
3,2	>9,0	8,1	7,4	6,5	5,0
4,8	—	>13,0	12,0	11,0	9,5
8,0	—	—	21,0	20,0	16,0
11,2	—	—	>30	28,0	26,0
16,0	—	—	—	42,0	37,0
32,0	—	—	—	>90,0	83,0
48,0	—	—	—	—	>130,0

12.30. Как видно из таблицы, на расстояние 16 км от эпицентра воздушного взрыва мощностью 10 мегатонн фронт ударной волны приходит через 37 секунд. Если быстро принять меры, то человек, находящийся в здании, успеет за это время занять удобное для укрытия место, указанное выше. При нахождении на открытой местности некоторая защита от действия ударной волны может быть достигнута, если упасть на землю лицом вниз и остаться в таком положении до тех пор, пока не пройдет ударная волна. Если находиться в лежачем положении лицом вниз так, чтобы голова была направлена в сторону взрыва или в противоположную сторону, то площадь тела, подвергающаяся действию нагрузки ударной волны, будет относительно малой и поэтому опасность перемещения тела будет уменьшена.

ДЕЙСТВИЕ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Действие на людей

12.31. Основное прямое действие светового излучения на людей сводится к образованию ожогов кожи, обычно называемых световыми ожогами (в отличие от ожогов пламенем), а также к длительному или временному поражению глаз. Различают несколько степеней ожогов. Ожоги первой степени напоминают солнечный загар средней силы. Они проходят без какого-либо специального лечения. Ожоги второй степени вызывают образование на коже волдырей, и при достаточной площади тела, подверженной действию светового излучения, пострадавшие будут нуждаться в медицинской помощи. В таблице 12.31 приводятся примерные предельные расстояния от эпицентра воздушного взрыва различной мощности, на которых световое излучение может вызвать ожоги первой и второй степени на слегка загоревшей коже. Ожоги третьей степени, которые поражают кожу на всю ее толщину, могут возникнуть на гораздо меньших расстояниях от эпицентра взрыва. При наземном взрыве соответствующие расстояния составят лишь $^4/_5$ значений, указанных в таблице. Приведенные в таблице расстояния фактически являются расстояниями от центра взрыва, а не от его эпицентра; однако если взрыв происходит на высоте, на которой ожоги возникают на максимальных расстояниях от взрыва, то разница между расстояниями от точки взрыва и от его эпицентра будет незначительной.

12.32. Данные, указанные в таблице 12.31, справедливы для умеренно ясной погоды. При наличии у поверхности земли тумана или слоя облаков, лежащего между точкой взрыва и этой поверхностью, световое излучение будет ослаблено. В этом случае люди,

подвергшиеся действию светового излучения, получат световые ожоги на значительно меньшем расстоянии от эпицентра взрыва, чем в умеренную погоду. Однако при наличии на земле снега или слоя облаков над точкой взрыва последние будут играть роль поверхностей отражения, и таким образом увеличатся расстояния, на которых будут образовываться ожоги кожи.

Таблица 12.31

Расстояния от эпицентра воздушного взрыва, на которых возможны ожоги обнаженных участков кожи[1]

	Мощность взрыва				
	1 кт	10 кт	100 кт	1 мт	10 мт
	Расстояние от эпицентра взрыва (км)				
Ожоги первой степени . . .	1,1	3,0	8,5	22,4	>48
Ожоги второй степени . . .	0,8	2,4	6,4	17,6	38,4

12.33. Как указано в п. 11.69 и других разделах книги, различают два основных вида поражения глаз: временное (световая слепота) и длительное (ожоги сетчатки глаз). Поражения обоих этих видов могут иметь место на очень больших расстояниях от эпицентра взрыва, которые намного превышают указанные в таблице 12.31 расстояния, на которых образуются ожоги первой степени. Характер и масштабы поражений глаз зависят от мощности и вида взрыва, ориентации человека по отношению к взрыву, прозрачности атмосферы, а также от степени расширения зрачков глаз. Как правило, длительное поражение глаз возможно только у тех лиц, которые в момент взрыва непосредственно смотрели на огненный шар. С другой стороны, временное ослепление может быть всеобщим на значительной площади.

Мероприятия по защите

12.34. При воздушном или наземном взрывах световое излучение возникает в виде двух импульсов, каждый из которых характеризуется определенным максимумом интенсивности света, за которым следует ее спад. Если в момент взрыва человек находится на открытой местности или возле окна в каком-либо здании, то ему следует до появления максимума интенсивности во втором импульсе светового излучения попытаться укрыться от прямого воздействия света с целью уменьшить до минимума вероятность поражения за счет светового ожога. В этот момент человек получит только 20% дозы светового излучения, так что при принятии мер защиты до наступления второго светового максимума или вскоре

[1] При наземном взрыве соответствующие расстояния составляют $^4/_5$ значений, характерных для воздушного взрыва той же мощности.

после его образования бо́льшая часть светового излучения не попадет на человека. В таблице 12.34 приведены значения времени между моментом воздушного и наземного взрывов различной мощности и моментом образования второго максимума светового излучения. Из таблицы следует, что возможность для принятия пассивных мер защиты не особенно благоприятна при воздушном и наземном взрывах малой мощности и более благоприятна при взрывах мощностью порядка нескольких мегатонн.

Таблица 12.34

Время достижения второго импульса светового излучения
(от момента взрыва)

	Мощность взрыва				
	1 кт	10 кт	100 кт	1 мт	10 мт
Время (сек.)	0,03	0,1	0,3	1,0	3,2

12.35. Основная часть светового излучения распространяется прямолинейно, поэтому любой непрозрачный предмет, находящийся между огненным шаром и оголенным участком кожи, будет служить некоторой защитой от действия светового излучения. Это положение сохраняет свою силу даже в том случае, если непрозрачный предмет будет впоследствии разрушен ударной волной, так как основной импульс светового излучения оканчивается гораздо раньше, чем прибудет ударная волна.

12.36. Заметив внезапное усиление общей освещенности, означающее возникновение ядерного взрыва, человек, находящийся внутри здания, должен сразу же лечь на пол лицом вниз и, если позволяют обстоятельства, отползти за стол (скамью) или спрятаться под ним, либо укрыться в заранее намеченном, обеспечивающем защиту месте. Даже в том случае, если такие действия предприняты недостаточно быстро, они все же приведут к уменьшению нагрузки торможения ударной волны и обеспечат частичное экранирование от разбитого стекла и других летящих осколков. Человек, застигнутый взрывом на открытой местности, должен также немедленно лечь на землю лицом вниз и попытаться прикрыть обнаженные участки тела. Если удастся укрыться за деревом, зданием, оградой, насыпью, в канаве или за любым другим сооружением, которое препятствует прямолинейному распространению света от огненного шара до человека, то это обеспечит значительно большую защиту. При отсутствии поблизости удобных

укрытий необходимо прикрыть обнаженные участки кожи частями тела, покрытыми одеждой. При этом будут наблюдаться незначительные поражения в результате действия рассеянного светового излучения.

12.37. Достаточную защиту кожи от световых ожогов обеспечивает одежда соответствующего типа. Для этой цели лучше использовать материалы светлого цвета, так как они хорошо отражают световое излучение. Одежда из материалов темного цвета хорошо поглощает световое излучение, а поэтому она может нагреться до такой степени, что воспламенится; по этой причине могут возникнуть сильные ожоги кожи пламенем, которые более опасны, чем световые ожоги. Шерстяные ткани лучше защищают от светового излучения, чем хлопчатобумажные ткани такого же цвета; кроме того, чем плотнее ткань, тем лучшую защиту кожи она обеспечивает. Наличие воздушной подушки между двумя слоями одежды значительно уменьшает вероятность получения световых ожогов.

12.38. Защита глаз от поражений световым излучением весьма затруднительна, особенно для тех людей, которые случайно были обращены лицом к взрыву. Свойственный человеку рефлекс мигания глазами, т. е. автоматическое зажмуривание глаз, которое длится около 0,15 секунды, может защитить глаза от действия светового излучения воздушного и наземного взрывов мощностью порядка нескольких мегатонн. Однако сомнительно, чтобы этот рефлекс оказал какое-либо защитное действие при взрывах меньшей мощности на расстояниях, на которых величина энергии светового излучения будет такой же, как и при взрыве мощностью в несколько мегатонн. При ядерном взрыве на большой высоте, т. е. на высотах более 32 км, световое излучение испускается в виде одного быстрого импульса. Исходя из предположения, что общее количество световой энергии, полученной человеком, достаточно для образования световых ожогов кожи или поражения глаз, маловероятно, чтобы какие-либо попытки укрыться окажутся эффективными, так как даже невольное зажмуривание глаз окажется при этом недостаточным для их защиты от действия светового излучения. Обычные темные противосолнечные очки обеспечат лишь небольшую защиту глаз или вовсе не окажут никакого защитного действия, так как для уменьшения интенсивности светового излучения необходим более непрозрачный материал.

Противопожарная защита

12.39. После того как на город совершено ядерное нападение, могут возникнуть большие пожары, как это и наблюдалось в Японии. Такие пожары возникали как от непосредственного действия светового излучения, так и от косвенного действия ударной волны,

т. е. от опрокидывания печей, короткого замыкания в электросети. Соответствующие противопожарные мероприятия могут в этих случаях осуществляться по трем следующим направлениям: 1) сокращение количества потенциальных очагов пожаров; 2) изоляция или быстрое тушение возникших очагов пожаров для предотвращения образования больших пожаров; 3) в случае возникновения огромных по своим масштабам пожаров сведение до минимума их последствий.

12.40. Так как фактически невозможно изъять дерево из числа материалов, используемых в строительстве домов, то количество потенциальных очагов пожаров может быть сокращено посредством постоянного содержания существующих деревянных сооружений в надлежащем порядке, а также путем принятия мер по очистке дворов от всякого воспламеняемого хлама. Как указывалось в п. 7.57 и других разделах книги, во время испытания ядерного оружия в штате Невада в 1953 году было ясно продемонстрировано, что содержащийся в хорошем состоянии дом с незахламленным двором более устойчив к действию светового излучения ядерного взрыва, чем дом, содержащийся в плохом состоянии, или дом с захламленным двором.

12.41. Другой стороной противопожарных мероприятий является планирование противопожарной защиты и тренировка команд по ликвидации небольших очагов пожаров, прежде чем они перерастут в большие пожары. В Японии пожары были настолько многочисленны и распространялись с такой скоростью, что не имелось никакой возможности бороться с ними силами регулярных пожарных команд, личный состав которых остался в живых после бомбардировки. Поэтому желательным мероприятием является тренировка и обучение противопожарному делу населения, как это, например, было распространено в Европе во время второй мировой войны. При достаточно быстром тушении небольших пожаров количество огромных пожаров может быть значительно сокращено и борьбу с ними могут уже вести профессиональные пожарные команды.

12.42. Обычные методы предотвращения распространения больших пожаров путем использования естественных и искусственных противопожарных заграждений оказались в Японии не особенно эффективными по причинам, изложенным в п. 7.72. Тем не менее при планировании противопожарной защиты следует обращать внимание на создание адекватных противопожарных заграждений, разделение города на зоны и соответствующую его планировку. Как видно из рис. 7.55, потенциальными очагами возникновения и распространения пожаров являются торговые кварталы и жилые районы трущоб. При планировании противопожарных мероприятий необходимо предусматривать рассредоточение и противопожарную защиту коммунальных учреждений и служб, участвующих в ликвидации последствий ядерного нападения.

НАЧАЛЬНОЕ ЯДЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Действие на людей

12.43. Начальное ядерное излучение состоит из гамма-лучей и потока нейтронов, освобождающихся в течение первой минуты с момента взрыва. Суммарная доза начального ядерного излучения вплоть до 100 бэр оказывает лишь незначительное мгновенное видимое действие на человека или вовсе не ощущается им. Единственным признаком воздействия начального ядерного излучения, который могут испытывать некоторые люди, является небольшое чувство усталости. На многих людей, получивших дозы вплоть до 200 бэр, излучение не окажет никакого заметного действия, за исключением некоторых изменений состава крови. Однако в данном случае делается допущение, что при получении суммарной дозы в 100 бэр лишь незначительная часть пораженных людей (если такие вообще появятся) будет нуждаться в медицинской помощи. С другой стороны, все лица, получившие суммарную дозу в 1000 бэр, вероятнее всего заболеют через 4 часа (или меньше) с момента действия на них излучения и погибнут через 2—3 недели. Между этими крайними случаями имеется много промежуточных вариантов вероятного воздействия начального ядерного излучения на людей, однако при получении дозы в 400—500 бэр все пораженные в первый же день почувствуют тошноту и рвоту и большинство из них будет нуждаться в медицинской помощи. Однако при получении этой дозы не менее половины пораженных людей, вероятно, выздоровеет.

12.44. В таблице 12.44 приводятся фактически расстояния от эпицентра воздушного взрыва различной мощности, на которых совершенно не защищенные люди получат дозу начального ядерного облучения, равную соответственно 100, 500 и 1000 бэр. Однако высоты взрыва, при которых поражения возникают на максимальных расстояниях, являются такими, что последние не очень отличаются от указанных в таблице расстояний от эпицентра взрыва. Для сравнения в таблице указаны также расстояния, на которых будет испытываться избыточное давление в ударной волне в 0,35 кг/см^2 и будут возникать световые ожоги второй степени незащищенных участков кожи. Из таблицы видно, что поражения, вызываемые действием ударной волны и светового излучения, наблюдаются на гораздо больших расстояниях от эпицентра взрыва, чем поражения, возникающие в результате действия начального ядерного излучения, особенно при ядерном взрыве мощностью более 10 килотонн. Например, человек, находящийся на расстоянии 3,2 км от эпицентра взрыва мощностью в 1 мегатонну, по-видимому, не будет иметь никаких существенных симптомов лучевой болезни в результате действия ядерного излучения, в то время как в результате действия светового излучения он получит 180 калорий на один квадратный сантиметр поверхности тела. Для возникновения же ожогов кожи второй степени при взрыве мощностью

в 1 мегатонну достаточно получить менее 7 калорий на один квадратный сантиметр. Избыточное давление в ударной волне на расстоянии 3,2 км равно 1,3 кг/см^2, что достаточно для сильного разрушения самых прочных сооружений обычного типа.

Таблица 12.44

Расстояния от эпицентров воздушных взрывов, на которых будут получены различные дозы начального ядерного излучения[1]

	Мощность взрыва				
	1 кт	10 кт	100 кт	1 мт	10 мт
	Расстояния от эпицентра взрыва (км)				
Дозы излучения					
100 бэр	1,1	1,6	2,1	2,88	3,8
500 бэр	0,96	1,28	1,76	2,4	3,66
1000 бэр	0,8	1,1	1,6	2,2	3,2
Прочие поражающие факторы					
Избыточное давление 0,35 кг/см^2	0,64	1,45	3,2	6,9	14,7
Ожоги второй степени	0,8	2,4	6,4	17,6	35,2

Защита от действия начального ядерного излучения

12.45. Очевидно, что при ядерном взрыве мощностью более 10 килотонн районы, в которых могут быть получены большие дозы начального ядерного излучения, одновременно являются районами с большими значениями избыточного давления ударной волны и интенсивным световым излучением. Защита от всех этих трех поражающих факторов может быть обеспечена при условии нахождения в массивных железобетонных сооружениях, оборудованных в противопожарном отношении. Например, слой бетона толщиной около 46 см уменьшит дозу излучения, равную 1000 бэр до допустимой величины в 100 бэр. Таким образом, массивные наземные здания обеспечивают некоторую защиту от действия начального ядерного излучения. Более надежная защита может быть получена в подвалах, расположенных ниже уровня основных бетонных плит пола. Слой грунта, окружающий подвал, также создает дополнительную защиту; например, слой грунта толщиной 66 см уменьшает интенсивность излучения в 10 раз, а слой грунта толщиной около 90 см — в 30 раз.

12.46. Указанные выше простейшие меры защиты от действия светового излучения и ударной волны на человека, находящегося на открытой местности, по-видимому, будут в меньшей степени

[1] При наземном взрыве расстояния, на которых будут получены указанные в таблице дозы, несколько меньше

способствовать снижению получаемой дозы начального ядерного излучения. При ядерном взрыве, особенно при взрыве большой мощности, проходит одна или две секунды перед тем, как будет получена основная часть суммарной дозы ядерного излучения. В таблице 12.46 приводятся данные, характеризующие зависимость от времени процента суммарной дозы начального гамма-излучения, полученной на определенных расстояниях при взрывах мощностью 20 килотонн и 5 мегатонн. В любых случаях величина суммарной неэкранированной дозы излучения составит около 4500 рентген.

Таблица 12.46

Зависимость доз начального ядерного излучения от времени

Мощность взрыва	Расстояние от эпицентра взрыва (км)	Время (сек)						
		1	2	4	7	10	15	20
		% получаемой дозы начального ядерного излучения						
20 килотонн	0,8	67	78	88	95	97	100	—
5 мегатонн	2,4	5	17	43	76	90	98	100

12.47. Как видно из таблицы, существует некоторая возможность уменьшения дозы облучения посредством принятия немедленных мер защиты. Однако из приведенных выше цифр, относящихся к ослаблению интенсивности излучения посредством экранирования слоем бетона или грунта, видно, что для эффективного экранирования ядерного излучения защитный слой должен быть очень массивным. Например, обычная одежда мало защитит человека от действия начального ядерного излучения, хотя она полностью защитит от действия светового излучения. Другим затруднением в связи с проблемой защиты человека, находящегося на открытой местности, является рассеивание ядерного излучения; за счет рассеивания ядерное излучение может оказывать влияние на человека не только в прямолинейном (от точки взрыва) направлении, но и во многих других направлениях.

ОСТАТОЧНОЕ ЯДЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Поражения, вызываемые в результате выпадения радиоактивных продуктов взрыва

12.48. Основное действие остаточного ядерного излучения на человека такое же, как и действие сопоставимых доз начального ядерного излучения, рассмотренного в предыдущем разделе. Однако поражения, вызываемые действием остаточного ядерного излучения, коренным образом отличаются от поражений, вызываемых действием начального ядерного излучения; характер этих поражений рассматривается в данном разделе.

12.49. Защита от действия остаточного ядерного излучения имеет особое значение. Ввиду того что раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва может происходить на гораздо большей площади, чем площадь, на которой наблюдается поражающее действие ударной волны, светового излучения и начального ядерного излучения, то вполне возможно поражение людей на таких расстояниях от эпицентра взрыва, на которых поражающие факторы мгновенного действия имеют ничтожное значение или вовсе отсутствуют. Как указывалось ранее, не представляется возможным достаточно точно определить масштабы заражения в результате действия остаточного ядерного излучения, так как они сильно зависят от окружающих условий, в особенности от скорости и направления ветра на больших высотах. Однако несомненно то, что при наземном взрыве мощностью порядка несколько мегатонн в результате раннего выпадения радиоактивных продуктов взрыва будут заражены огромные площади. На близком расстоянии от эпицентра взрыва раннее выпадение радиоактивных продуктов взрыва на поверхность земли закончится в течение весьма короткого промежутка времени с момента взрыва, но на расстоянии порядка нескольких сот километров выпадение радиоактивных частиц может начаться лишь спустя 24 часа с момента взрыва.

12.50. Различают два основных вида поражений, которые могут наблюдаться при раннем выпадении радиоактивных продуктов взрыва. Одно поражение происходит при непосредственном контакте радиоактивных веществ с кожей, в результате которого возникают так называемые бета-ожоги, которые являются следствием действия на кожу бета-частиц; другое поражение возникает в результате непрерывного воздействия на кожу гамма-лучей. В данном разделе будут рассмотрены поражения, вызываемые действием главным образом гамма-лучей; защитные мероприятия по предотвращению бета-ожогов сводятся главным образом к удалению частиц пыли с поверхности кожи. При попадании радиоактивной пыли на кожу человека ее необходимо немедленно смыть водой с мылом. Вероятность поражения человека в результате попадания радиоактивных частиц внутрь организма при вдыхании их с воздухом рассматривается ниже.

Наведенная радиоактивность

12.51. Кроме поражений, вызываемых действием выпадающих радиоактивных частиц, в районе эпицентра взрыва возможно также поражение от действия остаточного излучения, которое является следствием наведенной активности, возникающей в результате захвата нейтронов различными элементами, находящимися в грунте, в особенности натрием и марганцем. Наведенная радиоактивность грунта может возникнуть в результате воздушного взрыва в тот момент, когда раннее выпадение радиоактивных веществ фактически еще отсутствует. Однако наведенная активность

по сравнению с активностью выпадающих радиоактивных веществ не только намного быстрее уменьшает свою интенсивность, но и наблюдается лишь на небольших расстояниях (1,6 км или меньше) от эпицентра взрыва. Поскольку в этой зоне будут наблюдаться значительные разрушения, то единственными лицами, которые могут входить в нее через некоторое время после взрыва, должен быть только личный состав спасательных и других команд, осуществляющих неотложные мероприятия. Эти команды будут снабжены радиационными приборами для измерения доз полученного ими излучения.

Мероприятия по защите

12.52. Допуская возможность вынужденного пребывания населения в зоне выпадения радиоактивных продуктов взрыва и отсутствие возможности его эвакуации, необходимо принять меры по защите этого населения с целью уменьшения интенсивности действующего на него гамма-излучения. Основной принцип, который необходимо усвоить при этом, сводится к тому, что любой массивный или толстый материал снижает до некоторой степени интенсивность ядерного излучения, в то время как более легкие конструкции, например окна, полые, тонкие или легкие стены и другие, не обеспечивают защиты от ядерного излучения внутри здания. Слой бетона толщиной 20 см или слой грунта толщиной 30 см уменьшает интенсивность ядерного излучения в 10 раз[1]. При увеличении этой толщины в 2 раза коэффициент ослабления ядерного излучения составит 100. Таким образом, каждый дополнительный слой грунта толщиной 30 см, находящийся между человеком и выпадающими радиоактивными веществами, увеличивает коэффициент ослабления интенсивности ядерного излучения в 10 раз. Не следует при этом забывать, что рассеянное ядерное излучение распространяется во многих направлениях, поэтому защита от его действия должна быть обеспечена во всех направлениях.

12.53. В специальных изданиях были опубликованы данные, содержащие сведения о методах и стандартных нормах оценки возможности использования существующих сооружений в качестве убежищ для защиты от радиоактивных веществ, выпадающих из радиоактивного облака, а также описаны способы реконструкции таких сооружений для улучшения их защитных характеристик. Рекомендованные здесь методы могут быть также использованы при проектировании новых сооружений. В качестве убежища для защиты от радиоактивных продуктов взрыва в основном может служить сооружение, имеющее массивные стены и потолок. Пригодными для строительства таких убежищ материалами являются грунт, бетон и кирпич.

12.54. Ввиду того что, возможно, придется оставаться в убежище в течение не менее двух недель, пока не произойдет ослабление интенсивности излучения за счет естественного радиоактивного распада продуктов взрыва и не появится возможность покинуть убежище, необходимо будет создать запасы пищи и других видов снабжения. В тех районах, в которых выпадение радиоактивных продуктов взрыва начинается вскоре после взрыва, интенсивность излучения будет высокой. Поэтому, возможно, придется оставаться в убежище в течение нескольких дней в ожидании того момента, когда можно будет на некоторое время выйти из убежища без риска получить дозу, достаточную для того, чтобы вызвать появление серьезной лучевой болезни. В районах, расположенных на бо́льшем расстоянии от эпицентра взрыва, интенсивность излучения на следе радиоактивного облака будет ниже, и, если на этом следе не имеется «горячих пятен» (п. 9.55), то время, необходимое для пребывания людей в убежище, будет меньшим. Однако при нахождении в любом сильно зараженном районе, по-видимому, придется провести первые один-два дня с момента взрыва в убежище, чтобы защитить себя от действия остаточного гамма-излучения. В период времени, непосредственно следующий за ядерным взрывом, когда интенсивность излучения максимально высокая, защита имеет наиболее важное значение.

12.55. Убежища, предназначенные для защиты от радиоактивных продуктов взрыва (п. 12.53), имеют коэффициент ослабления остаточного излучения, равный примерно 200; иначе говоря, интенсивность ядерного излучения в таком убежище будет составлять лишь 0,5% от интенсивности излучения вне помещения на высоте 90 см над поверхностью грунта. В тех местах, где не имеется убежищ, защита от ядерного излучения может быть обеспечена оборудованием в подвале двухэтажного дома небольшого укрытия посредством следующего сравнительно простого способа. В углу подвала у защищенной от действия ядерного излучения внешней стенки помещается крепкий стол, который покрывается со всех сторон слоем грунта, мешками с песком, бетонными плитами и другими имеющимися подручными материалами толщиной 25—30 см. Если у выбранного угла подвала нет прочных перегородок или стен, то вдоль этих стен на всю высоту защитного слоя, покрывающего верхнюю часть стола, необходимо поместить слой мешков, наполненных песком, или бетонные плиты. Пространство под таким столом обеспечит ослабление интенсивности ядерного излучения, испускаемого выпавшими радиоактивными продуктами взрыва, примерно в 100 раз. Недостатком такого убежища является то, что в нем невозможно создать достаточные запасы пищи и воды, поэтому в убежище такого типа нельзя будет находиться в течение продолжительного времени, как это было возможно

[1] Необходимо подчеркнуть, что для уменьшения интенсивности начального ядерного излучения на такую же величину требуется увеличить почти в 2 раза толщину слоя бетона (45 см) и грунта (66 см), так как энергия гамма-лучей, образующих начальное ядерное излучение, больше энергии этих лучей, присутствующих в остаточном ядерном излучении выпавших на землю радиоактивных частиц.

в описанном выше убежище стационарного типа. Почти в любом доме, имеющем расположенный ниже уровня земли подвал с толстыми наружными стенами, возможно обеспечить коэффициент ослабления интенсивности ядерного излучения, равный 20—40. Максимальная степень защиты при этом может быть достигнута при расположении укрывающихся людей на уровне пола и в углах, примыкающих к защищенной от действия ядерного излучения внешней стенке подвала.

12.56. Перед выходом из убежища крайне желательно иметь данные об интенсивности излучения, существующей как в зоне, непосредственно примыкающей к убежищу, так и в более отдаленных от него районах. Во время испытаний ядерного оружия наблюдались заметные изменения формы следа радиоактивного облака и неожиданное образование зон с чрезвычайно высокой интенсивностью излучения («горячих пятен»). Поэтому недостаточно знать только то, что ближайшие районы в радиационном отношении являются безопасными. Убежища должны быть оборудованы средствами связи, например батарейными радиоприемниками, а также дозиметрическими приборами. Без этих средств невозможно будет получить данные об интенсивности излучения в районе расположения убежища и в непосредственной близости от него, особенно в первые часы после взрыва, когда высокая интенсивность излучения будет препятствовать нормальному ведению радиационной разведки в близлежащем районе. В качестве грубого приближения можно сказать, что после полного окончания процесса выпадения радиоактивных продуктов взрыва при каждом увеличении продолжительности времени в 7 раз интенсивность излучения по сравнению с предыдущим значением будет понижаться в 10 раз. Например, по истечении 7 суток с момента выпадения радиоактивных продуктов взрыва интенсивность излучения понизится до величины, равной одной десятой значения, наблюдавшегося к исходу первых суток. По истечении 49 суток коэффициент ослабления интенсивности излучения будет равным 100 и т. д. [1].

12.57. Здесь необходимо отметить, что для измерения интенсивности ядерного излучения, независимо от того, наблюдается ли невооруженным глазом процесс выпадения радиоактивных продуктов взрыва или нет, требуются соответствующие приборы, чувствительные к ядерным излучениям. Во время испытаний ядерного оружия на Маршальских островах 1 марта 1954 года некоторая часть радиоактивных продуктов взрыва, выпадавшая из радиоактивного облака, могла быть наблюдаемой в виде белого порошка или пыли. Причиной этого частично являлись имевшие светлый цвет окись и карбонат кальция, содержащиеся в облаке взрыва. Вероятнее всего, что во время сильного выпадения радиоактивных продуктов взрыва, в результате которого создается угроза поражения, радиоактивная пыль будет заметна невооруженным глазом. Тем не менее во всех районах, примыкающих к эпицентру взрыва, необходимо непрерывное ведение радиационной разведки с помощью дозиметрических приборов.

[1] Это правило применимо к любой единице времени; таким образом, по истечении 7 часов уровень остаточного излучения составит одну десятую часть интенсивности излучения, наблюдавшейся к концу первого часа; через 14 часов эта интенсивность будет составлять одну десятую часть интенсивности излучения, наблюдавшейся к концу второго часа, и т. д. В обоих случаях подразумевается, что выпадение радиоактивных веществ закончилось.

Радиационная разведка

12.58. После ядерного взрыва, как только позволит обстановка, необходимо будет произвести радиационную разведку с целью получения данных о масштабах заражения и интенсивности излучения. В сильно зараженных районах с очень высокой интенсивностью излучения члены радиационных команд, снабженные переносными дозиметрическими приборами, вначале смогут осуществить лишь частичную радиационную разведку. В этих условиях, возможно, потребуются соответствующие дозиметрические приборы дистанционного типа, которые дадут возможность командам радиационной разведки, не выходя из убежища, получить данные об интенсивности излучения снаружи.

12.59. Наиболее быстрым средством получения данных об интенсивности излучения на большой площади является воздушная радиационная разведка. Благодаря своей большой проникающей способности в воздухе гамма-лучи могут быть обнаружены чувствительными приборами на высоте в несколько сот метров от поверхности земли. Низко летящие самолеты или вертолеты, оборудованные соответствующими дозиметрическими приборами для измерения интенсивности излучения, могут обследовать большие площади, не встречая препятствий в виде разрушенных сооружений и заваленных улиц и дорог. Кроме того, при осуществлении первоначальных полетов на высоте около 500 м интенсивность ядерного излучения будет составлять только 1% от значений, наблюдаемых на поверхности земли; вследствие этого опасность поражения лиц, осуществляющих воздушную разведку, соответственно уменьшается.

12.60. Для определения примерной интенсивности ядерного излучения у поверхности земли необходимо величину интенсивности излучения, замеренную на определенной высоте, умножить на соответствующий коэффициент. Значение этого коэффициента зависит главным образом от высоты замера и характера местности. При отсутствии точных данных оценка коэффициента ослабления интенсивности излучения на известной высоте относительно интенсивности излучения, существующей на расстоянии около 1 м от поверхности земли, может быть сделана путем использования данных, приведенных на рисунке 9.181.

12.61. Воздушная радиационная разведка имеет важное значение, так как она может быть осуществлена быстро и с ее помощью

можно получить сведения, которые невозможно было бы добыть в течение интересующего нас времени каким-либо другим путем. Однако данные воздушной радиационной разведки могут рассматриваться лишь как грубо ориентировочные. Воздушная радиационная разведка должна осуществляться лишь после того, как окончено выпадение радиоактивных продуктов взрыва. В районах, представляющих особый интерес, воздушная радиационная разведка должна быть заменена наземной радиационной разведкой, если проведение последней не связано с опасностью поражения. Однако данные, полученные с помощью воздушной радиационной разведки, окажут большую помощь в планировании наземной радиационной разведки. При помощи этих способов вначале будет определена общая радиационная обстановка, а затем будет замерена интенсивность излучения в наиболее важных пунктах и установлены контуры, ограничивающие зоны с определенными уровнями интенсивности излучения, а также выявлены сильно зараженные зоны («горячие пятна») и наиболее безопасные участки.

Дозы излучения и время пребывания в зараженных зонах

12.62. При планировании мероприятий по защите от действия остаточного ядерного излучения, возникающего в результате выпадения радиоактивных продуктов ядерного взрыва, а также при проведении радиационной разведки необходимо определить либо допустимое время пребывания в зараженном районе при заданных значениях дозы гамма-излучения (в рентгенах или бэрах), либо величину дозы излучения, которая будет получена за определенный промежуток времени. Основные данные приведены в виде графиков в главе 9, но эти же данные, хотя и в значительно ограниченном виде, могут быть выражены в форме таблиц, которые в некоторых случаях более удобны для использования.

12.63. Если для данной точки местности известна величина интенсивности излучения на определенное время, то из таблицы 12.63 может быть определена интенсивность излучения в этой же точке на любое другое время; при этом предполагается, что выпадение радиоактивных продуктов взрыва уже полностью закончилось и, кроме естественного радиоактивного распада, не существует никаких изменений в радиационной обстановке. Указанную выше таблицу можно использовать также для определения времени, прошедшего с момента взрыва, в течение которого интенсивность излучения достигнет определенной величины. Предположим, например, что через 5 часов с момента взрыва замеренная величина интенсивности излучения составляла 6 рентген в час. Требуется определить, за какое время интенсивность излучения уменьшится до 1 рентгена в час. Для получения ответа в левом столбце таблицы находим строчку, соответствующую 5 часам; затем на

Таблица 12.63

Интенсивность излучения в результате выпадения радиоактивных продуктов взрыва в различное время с момента взрыва

Время с момента взрыва	Интенсивность излучения (рентген в час)																			
6 минут	16	32	66	95	127	159	318	477	636	795	954	1272	1590	—	—	—	—	—	—	—
12 минут	7	14	28	41	55	69	138	207	276	345	414	552	691	1380	—	—	—	—	—	—
18 минут	4,3	8,6	17	25	34	43	86	129	172	216	259	344	431	862	1290	—	—	—	—	—
30 минут	2,3	4,5	9,1	13	18	23	45	68	91	114	136	182	227	456	681	908	1140	—	—	—
42 минуты	1,5	3,0	6,0	9,1	12	15	30	46	61	76	91	122	152	304	456	608	760	912	1220	—
1 час	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10	20	30	40	50	60	80	100	200	300	400	500	600	800	1000
1,5 часа	0,6	1,2	2,4	3,7	4,9	6,1	12	18	24	31	37	48	61	122	183	244	305	366	488	610
2 часа	0,4	0,9	1,8	2,6	3,5	4,4	8,7	13	18	22	26	35	44	87	131	175	219	262	350	437
3 часа	0,3	0,5	1,1	1,6	2,1	2,7	5,4	8,0	11	13	16	21	27	54	80	107	134	161	214	268
5 часов	—	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	2,9	4,4	5,8	7,3	8,7	12	15	29	44	58	73	87	116	145
7 часов	—	—	0,4	0,6	0,8	1,0	1,9	2,9	3,9	4,9	5,8	8	10	19	29	39	49	58	78	97
10 часов	—	—	—	0,4	0,5	0,6	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	5,1	6,4	13	19	25	32	38	51	64
15 часов	—	—	—	—	0,3	0,4	0,8	1,2	1,6	1,9	2,3	3,2	3,9	7,8	12	16	19	23	31	39
1 сутки	—	—	—	—	—	—	0,5	0,7	0,9	1,2	1,3	1,8	2,3	4,5	6,8	9,0	12	13	18	23
1,5 суток	—	—	—	—	—	—	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,2	1,5	2,9	4,4	5,8	7,3	8,7	12	15
2 суток	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,9	2,9	3,9	4,9	5,8	7,8	10
4 суток	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	3,3	4,2
1 неделя	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,5	2,3
2 недели	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
4 недели	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	0,4

Таблица 12.64

Допустимое время пребывания в районе, зараженном выпавшими радиоактивными продуктами ядерного взрыва

Значения $\frac{D^1}{R}$	Время входа в зараженный район (в часах с момента взрыва)																		
	0,1	0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40
	Продолжительность действия излучения (в часах и минутах), при которой получаются определенные значения $\frac{D}{R}$ для различного времени входа в зараженный район с момента взрыва																		
0,2	1—11	0—25	0—15	0—14	0—13	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12	0—12
0,3	9—40	1—00	0—22	0—22	0—20	0—19	0—19	0—19	0—19	0—18	0—18	0—18	0—18	0—18	0—18	0—18	0—18	0—18	0—18
0,4	312—24	2—22	0—42	0—31	0—27	0—26	0—26	0—25	0—25	0—25	0—25	0—25	0—25	0—24	0—24	0—24	0—24	0—24	0—24
0,5	∞	6—12	1—02	0—42	0—35	0—34	0—32	0—32	0—32	0—31	0—31	0—31	0—31	0—31	0—31	0—30	0—30	0—30	0—30
0,6	—	19—20	1—26	0—54	0—44	0—41	0—39	0—39	0—38	0—38	0—38	0—37	0—37	0—37	0—37	0—37	0—37	0—36	0—36
0,7	—	82—06	2—05	1—08	0—52	0—49	0—47	0—46	0—45	0—45	0—44	0—44	0—44	0—44	0—43	0—43	0—43	0—43	0—42
0,8	—	624—48	2—56	1—23	1—02	0—57	0—54	0—53	0—52	0—51	0—51	0—51	0—50	0—50	0—49	0—49	0—49	0—49	0—49
0,9	—	2000—00	4—09	1—42	1—12	1—05	1—02	1—00	0—59	0—58	0—58	0—57	0—57	0—57	0—56	0—55	0—55	0—55	0—55
1,0	—	∞	5—56	2—03	1—23	1—14	1—10	1—08	1—06	1—05	1—05	0—04	1—04	1—03	1—02	1—02	1—02	1—01	1—01
1,25	—	—	15—30	3—13	1—54	1—38	1—31	1—28	1—25	1—24	1—23	1—22	1—21	1—20	1—19	1—18	1—17	1—17	1—16
1,5	—	—	48—20	4—57	2—30	2—05	1—54	1—49	1—45	1—43	1—41	1—40	1—39	1—37	1—36	1—34	1—33	1—33	1—32
2,0	—	—	1562—00	11—52	4—06	3—13	2—46	2—35	2—29	2—24	2—20	2—18	2—16	2—13	2—10	2—08	2—06	2—05	2—04
2,5	—	—	∞	31—00	6—26	4—28	3—48	3—28	3—16	3—08	3—03	2—59	2—55	2—51	2—46	2—45	2—40	2—38	2—36
3,0	—	—	—	96—39	9—54	6—09	5—01	4—28	4—10	3—58	3—49	3—43	3—38	3—30	3—24	3—17	3—14	3—11	3—08
4,0	—	—	—	3124—00	23—43	11—05	8—12	6—57	6—16	5—50	5—33	5—19	5—10	4—58	4—44	4—32	4—26	4—20	4—15
6,0	—	—	—	∞	193—19	35—35	19—48	14—43	12—19	10—55	10—02	9—24	8—57	8—19	7—46	7—15	7—01	6—48	6—34
10,0	—	—	—	—	∞	728—49	124—00	59—18	39—34	30—39	25—42	22—35	21—32	17—52	15—41	13—57	13—05	12—24	11—42

[1] $\frac{D}{R}$ — допустимая доза в рентгенах, деленная на интенсивность излучения в рентгенах в час в момент времени входа в зараженный район.

горизонтальной линии, соответствующей этому времени, ищем значения, близкие к 6 рентгенам в час; находим значение 5,8, которое несколько меньше, чем заданная интенсивность излучения. От значения 5,8 опускаемся по вертикали вниз и находим величину интенсивности излучения, равную единице или несколько меньше ее (в данном случае эта величина равна 0,9). От этого значения по горизонтали возвращаемся к левому столбцу таблицы, в котором и находим искомое значение времени: оно равно примерно 25 часам.

12.64. Для определения допустимого времени пребывания в зараженном районе при условии, что интенсивность излучения в момент входа в этот район известна, а суммарная доза облучения, полученная личным составом в течение этого времени, имеет определенное заданное значение, можно использовать данные таблицы 12.64. Предположим, что в момент времени входа в зараженный район спустя 8 часов после ядерного взрыва интенсивность излучения R составляла 45 р/час. По решению компетентных органов допустимая суммарная доза облучения D, которую могут получить без ущерба для своего здоровья люди, находящиеся в зараженном районе и выполняющие там важную работу, составляет 25 рентген. Требуется определить, в течение какого времени эти люди могут оставаться в зараженном районе. Для решения этой задачи делим величину допустимой дозы облучения D на величину интенсивности излучения R в момент входа в зараженный участок: $\frac{D}{R} = \frac{25}{45} = 0{,}55$ часа. Ввиду отсутствия в левом столбце таблицы 12.64 этого значения выбираем меньшее, наиболее близкое значение времени, т. е. 0,5. От этого значения по горизонтали находим допустимое время пребывания, соответствующее 8 часам после взрыва: оно составляет 31 минуту. Для значения $\frac{D}{R} = 0{,}6$ соответственное допустимое время пребывания составит 38 минут. Таким образом, искомое допустимое время пребывания в зараженном районе равно около 34 минут. Используя данные таблиц 12.63 и 12.64, можно решить многие другие задачи.

12.65. При пользовании таблицами 12.63 и 12.64 необходимо учитывать следующие две оговорки. Во-первых, если в период между двумя рассматриваемыми отрезками времени в радиационной обстановке произошло изменение либо в результате дополнительного заражения данного района, либо за счет уменьшения его зараженности, то результаты, получаемые из таблицы, окажутся неправильными. Во-вторых, в случае если даже сохранятся условия, при которых возможно использование таблиц, получаемые на их основе оценочные данные пригодны лишь для планирования и для общего руководства при проведении необходимых работ. Изменение интенсивности излучения во времени и получаемые за определенный отрезок времени суммарные дозы должны всегда проверяться с помощью дозиметрических приборов.

Продовольствие и питьевая вода

12.66. После ядерного нападения кроме защиты кожных покровов людей от действия радиоактивных продуктов взрыва необходимо также обеспечить защиту от попадания этих продуктов внутрь организма при принятии людьми пищи и воды в зараженном районе. Сама по себе остаточная радиоактивность продуктов взрыва не оказывает вредного действия на продовольствие и питьевую воду. Принцип защиты, который необходимо усвоить, состоит в том, что для предотвращения попадания внутрь организма осевших радиоактивных веществ они должны быть удалены из пищи и воды до того, как последние потребляются человеком.

Оказывается, что по сравнению с количеством радиоактивных веществ, вносимых в организм при принятии пищи и воды, количество этих веществ, поступающих внутрь организма при дыхании, может быть незначительным. Тем не менее не следует вдыхать зараженный радиоактивными частицами воздух без использования специальных защитных респираторных устройств (например, противопыльных респираторов) до тех пор, пока дозиметрический контроль не подтвердит отсутствие зараженности воздуха.

12.67. Радиоактивное заражение неприкосновенных запасов продовольствия и питьевой воды можно предотвратить посредством хранения их в пыле- и водонепроницаемых емкостях. Хотя внешняя поверхность таких емкостей может оказаться и зараженной радиоактивными частицами, все же бóльшая часть этих частиц может быть удалена путем их смывания перед открыванием емкости. Затем продукты питания или жидкости могут быть извлечены из емкостей и потребляться в пищу без какой-либо опасности заражения.

12.68. В случае если неприкосновенные запасы продовольствия оказались зараженными или если возникла необходимость потребления зараженных продуктов после израсходования неприкосновенных запасов, то многие виды продовольствия могут быть соответствующим образом обработаны с целью удаления с них радиоактивных частиц. Например, свежие фрукты и овощи могут быть обмыты или очищены от верхней кожуры или листьев. Пористые продукты питания не могут быть дезактивированы таким способом, и поэтому они подлежат уничтожению путем закапывания. Кипячение или варка продуктов питания не влияют на процесс удаления радиоактивных частиц. Молоко от сохранившихся в живых коров, которые находились в сильно зараженной зоне, из-за присутствия в нем радиоактивного йода, возможно, окажется не безопасным для употребления в пищу; радиоактивность молока может сохраняться в течение нескольких недель или месяцев.

12.69. Домашние источники питьевой воды, забираемой из подземных скважин, обычно не подвергаются заражению радиоактивными веществами. Питьевая вода, забираемая из наземных источников, может оказаться зараженной, если река или открытое водохранилище, из которых она берется, окажутся в зоне интенсивного выпадения радиоактивных продуктов взрыва. Однако бóльшая часть радиоактивных веществ, выпавших на поверхность воды, будет впоследствии удалена путем регулярной очистки воды, включающей коагуляцию коллоидных частиц, их осаждение и фильтрацию. Если вода из наземных источников не обрабатывается указанным способом, а лишь хлорируется, то она может оказаться непригодной для питья в течение нескольких дней с момента ядерного нападения. Со временем в результате разбавления и естественного радиоактивного распада степень заражения постепенно уменьшается.

12.70. Если вода из постоянных источников не подвергается, кроме хлорирования, обычной обработке, а другие источники снабжения водой отсутствуют, то необходимо заранее запланировать создание установок, оборудованных ионнообменными колонками или фильтрами, для использования их при чрезвычайных обстоятельствах. Домашние установки для смягчения воды могут быть использованы в малых масштабах для этой же цели. Вода, содержащаяся в домашних нагревателях, будет служить в качестве аварийного питьевого источника, если в нее не попадает зараженная вода. Для дезактивации питьевой воды ее можно также подвергнуть дистилляции. Необходимо подчеркнуть, что простое кипячение зараженной радиоактивными частицами воды не окажет никакого влияния на удаление ее радиоактивности.

Дезактивация

12.71. Дезактивацией называется процесс удаления радиоактивных веществ с поверхностей, на которых эти вещества могут вызвать поражение людей; в результате дезактивации угроза поражения становится либо незначительной, либо вовсе исчезает. Дезактивация является одним из доступных средств уменьшения тех доз излучения, которые были бы получены в результате действия выпавших радиоактивных продуктов взрыва. Лучше всего, если работы по дезактивации будут осуществляться под руководством специально обученных лиц. При этом дозиметрические приборы следует использовать не только для контроля за эффективностью дезактивации, но и для получения уверенности в том, что удаление зараженного материала осуществлено с соблюдением мер безопасности.

12.72. Ввиду своей специфической природы выпадающие из облака взрыва радиоактивные вещества будут накапливаться на горизонтальных поверхностях, например на крышах домов, на поверхности мостовой улиц, на верхней части кузова автомобилей и на грунте. Поэтому при проведении частичной дезактивации главное внимание необходимо обратить на очистку таких поверх-

ностей. Наиболее простым способом осуществления этого мероприятия является смывание радиоактивных частиц водой, если, конечно, имеются соответствующие источники воды. Добавление к воде смачивающих веществ (детергентов), имеющихся в продаже, будет способствовать более эффективному смыванию. При таком способе удаления радиоактивные вещества вместе с водой увлекаются в канализационные трубы, в которых они уже не будут представлять большой опасности. Покрытие поверхности земли вокруг здания слоем незараженного грунта или удаление на некоторое расстояние верхнего слоя грунта с помощью машин, приспособленных для перемещения грунта, составляет сущность метода уменьшения интенсивности излучения внутри здания. Ввиду того что дезактивация улиц, зданий и других больших объектов требует значительного количества рабочей силы и средств, эффективность проведения этих операций будет зависеть от правильного планирования и квалифицированного контроля за их проведением.

12.73. В связи с проблемой удаления зараженного грунта для указанных целей или для создания проходов в зараженном районе необходимо отметить, что гамма-лучи, испускаемые продуктами деления, обладают большой проникающей способностью в воздухе. Например, на высоте около 90 см от поверхности земли около 50% интенсивности излучения, наблюдаемой в центре большой, плоской и равномерно зараженной зоны, приходятся на излучения, поступающие с расстояния более 15 м, и до 25% — с расстояния более 60 м от этого центра. Таким образом, при полном удалении слоя зараженного грунта с участка, имеющего форму круга с радиусом около 60 м, интенсивность излучения в центре этого участка сократится примерно до одной четвертой части ее первоначальной величины. Однако если зараженный грунт удаляется не полностью, а лишь перемещается к внешней границе кругового участка, то интенсивность излучения в центре окажется значительно больше одной четвертой части ее первоначальной величины.

12.74. Поэтому очевидно, что при необходимости проведения мероприятий по дезактивации на открытой местности, зараженной на большой площади, снятие с помощью бульдозера верхнего слоя грунта толщиной в несколько сантиметров окажется эффективным только в том случае, если расчистке подвергается широкая полоса местности. Следовательно, если ширина этой полосы составляет 76 м, то интенсивность излучения в центральной части будет уменьшена до одной десятой значения интенсивности излучения, наблюдавшейся до проведения дезактивации. Эти же результаты могут быть получены при снятии верхнего слоя грунта и изоляции его под слоем незараженного грунта. При этом для уменьшения интенсивности излучения в 10 раз потребуется насыпать слой свежего грунта толщиной около 30 см.

12.75. Сильно зараженная одежда, ковры, занавески и мягкая мебель должны быть выброшены и закопаны в грунте или удалены в какое-нибудь изолированное место. После значительного спада интенсивности излучения или при незначительной начальной интенсивности излучения уменьшение степени зараженности одежды и тканей может быть достигнуто путем их стирки, что позволит восстановить их пригодность к дальнейшему использованию. В некоторых случаях эффективной может оказаться также чистка мебели с помощью пылесосов, однако перед использованием мебели необходимо провести ее дозиметрический контроль.

ВЫВОДЫ

Планирование мероприятий по противоатомной защите

12.76. При планировании мероприятий по защите от поражающих факторов ядерного взрыва, необходимо иметь в виду, что эффективность этой защиты применительно к каждому отдельному лицу будет в большой степени зависеть от знания большинством населения поражающих факторов ядерного оружия и вытекающих отсюда мероприятий по противоатомной защите, а также от тех шагов, которые будут предприняты перед ядерным нападением для практического осуществления этих мероприятий. Конечно, при чрезвычайных обстоятельствах любой неподготовленный человек может предпринять определенные действия по противоатомной защите, однако степень этой защиты окажется меньшей по сравнению с тем, что смог бы сделать знающий принципы противоатомной защиты человек. Кроме того, имеются некоторые мероприятия, которые осуществляются после ядерного нападения с целью уменьшения до минимума все еще существующей опасности поражения; проведение этих мероприятий окажется более эффективным, если будет заранее проявлено достаточное внимание к ним еще до их осуществления.

12.77. Для защиты людей, находящихся на близком расстоянии от эпицентра ядерного взрыва, от действия его весьма сильных поражающих факторов (ударной волны, светового излучения и начальной ядерной радиации) необходимо иметь массивные, усиленные и безопасные в противопожарном отношении убежища. Защита посредством использования таких убежищ является наиболее распространенным способом, и поэтому для ее осуществления требуется проведение максимального числа мероприятий в период подготовки к планированию противоатомной защиты, а также глубокое знание характера поражений, вызываемых каждым из перечисленных поражающих факторов ядерного взрыва. Здания обычного типа также могут быть спроектированы с достаточным запасом прочности к действию ударной волны и устойчивостью по отношению к пожарам. Могут быть также предприняты меры по уменьшению до минимума поражений, вызываемых действием светового излучения и пожарами. В тех районах, в которых возникает

опасность поражения в результате раннего выпадения радиоактивных продуктов взрыва, могут быть сооружены убежища, которые будут обеспечены необходимыми запасами для нормального пребывания в них людей в течение длительного времени. Осведомленность населения о системе оповещения и порядке эвакуации будет способствовать уменьшению паники. Кроме того, наличие телефонной связи и дозиметрических приборов позволит иметь после ядерного нападения сведения относительно радиационной обстановки в данном районе.

12.78. В том случае если поблизости не окажется никаких убежищ, некоторую помощь в защите могут оказать пассивные меры, которые будут более эффективными на таких расстояниях от эпицентра взрыва, где поражающие факторы мгновенного действия окажутся менее сильными. Если в момент взрыва быстро упасть на землю лицом вниз и прикрыть обнаженные участки тела или спрятаться за какими-нибудь непрозрачными предметами, то в этом случае можно избежать действия светового излучения, особенно при взрыве ядерного оружия большой мощности. Ни при каких обстоятельствах нельзя смотреть в направлении огненного шара. Укрываясь за толстыми стенами или находясь в лежачем положении в глубоком рву, можно избежать действия начального ядерного излучения. Перечисленные выше действия будут способствовать также уменьшению опасности поражения от действия ударной волны. Кроме того, следует избегать зон, в которых имеются хрупкие материалы — оконное стекло, штукатурка и другие, которые под действием ударной волны могут превратиться в летящие осколки.

12.79. После прекращения действия мгновенных поражающих факторов ядерного взрыва необходимо будет осуществить определенные мероприятия по уменьшению до минимума числа поражений людей в результате заражения местности радиоактивными продуктами взрыва, а также от пожаров, которые могут возникнуть в результате действия светового излучения и косвенного воздействия ударной волны. Если с самого начала будут погашены небольшие очаги пожаров, то тем самым можно будет предотвратить возникновение больших пожаров. Тушение пожаров должно быть завершено до начала выпадения радиоактивных веществ. Некоторая степень защиты от действия выпадающих радиоактивных веществ может быть создана в подвалах зданий или в импровизированных убежищах. Важно при этом воздержаться от прямого контакта с выпадающими радиоактивными частицами и предотвратить радиоактивное заражение продовольствия и источников питьевой воды. Для определения зон с безопасной интенсивностью излучения необходимо использовать дозиметрические приборы, а для восстановления пригодности к дальнейшему использованию необходимого оборудования, зданий и целых районов, возможно, потребуется осуществить мероприятия по их дезактивации.

Заключение

12.80. Большая часть рассмотренных в предыдущих разделах данной главы вопросов с целью упрощения основывалась на предполагаемом действии лишь единственного ядерного взрыва. Однако следует иметь в виду, что при ядерном нападении некоторые районы окажутся под воздействием нескольких ядерных взрывов. В этих случаях основные принципы противоатомной защиты не изменятся, однако мероприятия по защите от действия всех поражающих факторов ядерного взрыва — ударной волны, светового излучения, начальной ядерной радиации и выпадающих радиоактивных продуктов взрыва — приобретут гораздо большее значение. Для многих людей существует реальная возможность остаться в живых после ядерного нападения, и эта возможность намного увеличится, если руководствоваться принципами противоатомной защиты во время проведения подготовительных мероприятий еще до ядерного нападения, если в момент взрыва предприняты соответствующие пассивные меры защиты и если заранее определен объем мероприятий, которые необходимо осуществить в период ликвидации последствий ядерного нападения.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБРАЩЕНИЯ С ЯДЕРНЫМИ БОЕПРИПАСАМИ

ВВЕДЕНИЕ

А.01. При разработке ядерного оружия стараются предусмотреть все, чтобы избежать случайных взрывов. И тем не менее случайный взрыв все же может произойти. Несмотря на все принятые меры предосторожности, авария может произойти в местах сборки и хранения оружия, при погрузке и транспортировке по земле или в период доставки ядерного боеприпаса к цели, например на самолете или в ракете-носителе.

А.02. Обычно ядерная бомба содержит наряду с делящимся материалом, т. е. ядерным взрывчатым веществом, то или иное количество бризантного взрывчатого вещества. Вероятность внезапного взрыва самого ядерного вещества столь мала, что ее можно считать совершенно исключенной. Основную опасность представляет бризантное взрывчатое вещество, как и в боеприпасах обычного типа. Однако самопроизвольные взрывы этого вещества, т. е. взрывы без видимой внешней причины, весьма маловероятны. Взрыв может произойти, например, в результате падения боеприпаса при неосторожном обращении, а также при пожаре. И самолеты и ракеты-носители имеют горючее, которое при случайном воспламенении явится причиной взрыва бризантного вещества ядерного боеприпаса. Возможность взрыва при пожаре вовсе не означает, что он должен обязательно произойти.

А.03. Представим себе, что взрыв все же произойдет. Даже и в этом случае делящиеся материалы совсем не обязательно должны среагировать на него.

Ядерный боеприпас — сложная система, и для освобождения расчетного количества энергии необходимо, чтобы все элементы системы работали почти идеально. Поэтому выделение ядерной энергии в результате взрыва бризантного вещества или вовсе не произойдет или будет очень небольшим. За период времени более 16 лет (с 1945 по 1961 год) собственно ядерный заряд ни сам по

себе, ни под влиянием внешних причин не был причиной происшествий ни во время хранения, ни при таких операциях, как транспортировка, ремонт, внесение изменений в конструкцию, проверка и т. д.

Имевшие место аварии с ядерными боеприпасами не носили более серьезного характера, чем случайные взрывы фугасных бомб средней мощности.

А.04. Прежде чем перейти к рассмотрению различных возможностей возникновения несчастных случаев при обращении с ядерным оружием, необходимо заметить, что ядерный взрыв может быть результатом либо умышленного действия — акта вредительства, либо проявлением психической неуравновешенности лица, имеющего допуск к ядерному оружию. Чтобы исключить такую опасность или по крайней мере свести ее к минимуму, предусмотрен ряд мер технического и режимного характера, которые имеют целью воспрепятствовать умышленному или неумышленному приведению оружия в боевое положение, его запуску и взрыву или сбрасыванию его, скажем, при транспортировке в воздухе. К числу известных мер предосторожности можно отнести, например, следующие: устройства управления запуском или сбрасыванием ядерных боеприпасов с летательных аппаратов запираются или опечатываются в положении «на предохранителе»; используются две и более самостоятельные системы управления; существует правило, которое требует присутствия при обращении с ядерными боеприпасами не менее двух надлежащим образом проинструктированных и ответственных лиц.

А.05. Поскольку аварии носят по своему характеру случайный характер и так как предвидеть их возникновение совершенно невозможно, то необходимо учесть все возможные опасности, которые могут возникнуть при хранении и транспортировке ядерных боеприпасов. Эти опасности могут быть обусловлены пожаром и взрывом бризантных взрывчатых веществ, расщепляющимся веществом, т. е. ураном и плутонием, тритием, который обладает радиоактивными свойствами, и продуктами деления ядер в том маловероятном случае, если бы произошел более или менее значительный их выход. Аварии, вызванные указанными причинами, будут последовательно рассматриваться ниже.

ПОЖАР И ВЗРЫВ

А.06. Если ядерный боеприпас окажется в соприкосновении с пламенем горящего бензина или в зоне пожара, вызванного воспламенившимся жидким горючим или твердым топливом для ракеты-носителя, бризантное взрывчатое вещество тоже, вероятно, воспламенится и начнет гореть. Горение больших количеств бризантного взрывчатого вещества погасить очень трудно. Одновременно будет происходить выделение едких и удушливых газов, иногда с образованием ядовитых газов и последующим осажде-

нием ядов. Если бризантное вещество заключено в каком-то ограниченном пространстве, как это имеет место в неповрежденном ядерном боеприпасе, в любой момент может произойти взрыв. Кроме того, бризантные вещества плавятся при сравнительно низких температурах, и, будучи нагретыми во время пожара, они могут вытечь из снаряда, а потом снова затвердеть. В таком состоянии это вещество очень чувствительно к толчкам или ударам и способно взорваться, если на него наступить.

А.07. Во всех случаях удара ядерного боеприпаса или при соприкосновении его с огнем возникает опасность взрыва бризантного вещества. Но одно из свойств тринитротолуола и ряда подобных ему взрывчатых веществ состоит в том, что невозможно предусмотреть, как они будут реагировать под действием того или иного фактора. Поэтому взрыв в результате пожара или удара вполне вероятен, но совсем не обязателен. Если же взрыв и произойдет, то по интенсивности он может колебаться от очень слабого до весьма сильного, а иногда может возникнуть и серия мелких взрывов. При поломке боеприпаса в результате удара или небольшого взрыва мелкие куски бризантного вещества могут разлетаться во все стороны, загораться и взрываться.

А.08. Неосторожность при погрузке бризантного взрывчатого вещества может привести к его измельчению до порошкообразного состояния. В таком состоянии взрывчатые вещества менее устойчивы и легче поддаются взрыву от удара или изменения температуры. Бризантные вещества приобретают повышенную чувствительность и под действием солнечного света. Кроме того, они изменяют цвет, так что мелкие куски его и частицы порошка почти сливаются с окружающими предметами. Поэтому опасность взрыва повышается.

А.09. Взрыв бризантного вещества может и сам по себе и косвенно стать причиной поражения личного состава, как это описано в главе 11. Пожалуй, самую большую опасность представляют летящие обломки, падающие предметы, осколки стекла и т. д. В случае возникновения пожара в местах хранения ядерных боеприпасов рекомендуется эвакуировать на расстояние не менее 450 м всех лиц, без которых можно обойтись на противопожарных и спасательных работах. Это сократит число возможных жертв в случае взрыва бризантного взрывчатого вещества.

А.10. Ввиду возникновения удушливого дыма и газов при горении взрывчатых веществ или горючего, как это отмечалось выше, можно допустить пребывание с подветренной стороны пламени или места возможного взрыва лишь тех, кто снабжен респираторами или противогазами. После ликвидации пожара и после того, как при помощи приборов будет установлено, что радиоактивное заражение отсутствует, на место происшествия могут быть допущены люди из специально обученной команды, которые очистят район происшествия от разбросанных остатков бризантного взрывчатого вещества.

ДЕЛЯЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЫ

А.11. Все виды ядерных боеприпасов содержат какое-то количество делящегося вещества — либо урана, либо плутония, а иногда как того, так и другого. Эти вещества радиоактивны: они излучают альфа-частицы.

В результате аварии с ядерными боеприпасами делящееся вещество может оказаться разбросанным на большой площади. Однако альфа-частицы не в состоянии проникнуть даже сквозь омертвевший поверхностный кожный покров, если он только не нарушен. Единственная же опасность поражения связана с возможностью проникновения частиц урана или плутония внутрь организма человека. Следует заметить, что плутоний имеет свойство скапливаться в костях и непрерывное излучение альфа-частиц может принести здесь значительный вред. Уран же действует в основном как химический яд и опасен лишь в больших количествах. Поверхностные загрязнения ураном и плутонием могут быть обнаружены с помощью приборов — индикаторов альфа-частиц. Излучение от плутония характеризуется более высокой энергией.

А.12. Плутоний и уран легко вступают в реакцию с кислородом воздуха, а поэтому могут оказаться рассеянными в виде мелких частиц своих окислов. Это может произойти, скажем, при поломке боевой части ядерного боеприпаса в результате удара его или под действием взрыва бризантного вещества. При пожаре эти мельчайшие частицы окислов могут оказаться унесенными вместе с дымом. В тех немногих случаях, когда сгорали самолеты, несшие ядерные боеприпасы, делящееся вещество плавилось и оставалось на земле в виде шлака. В таком состоянии на его поверхности образуются окислы, которые могут подняться в воздух, хотя бы под действием ветра, и тогда уже возникает опасность, что вместе с воздухом они попадут в дыхательные пути человека.

А.13. При выпадении радиоактивных продуктов взрыва значительное количество окислов плутония и урана может попасть в тело через дыхательные пути. Благодаря незначительной растворимости окислов поглощение их желудочно-кишечным трактом очень мало. Через неповрежденный кожный покров окислы также не проникают, а попав в кожный покров в местах нарушения, они там же и локализуются. Потом их можно удалить, даже и по истечении довольно большого времени, причем ни в кровь, ни в какие-либо ткани человеческого тела в сколько-нибудь заметных количествах они не переходят.

А.14. Результаты наблюдений, проведенных на испытательном полигоне в штате Невада, показали, что на расстоянии более 450 м от места аварии с ядерным боеприпасом количество плутония, которое может быть поглощено либо с загрязненным дымом, либо каким-нибудь другим путем, не превышает допустимых норм.

Если в результате случайного взрыва не произошло нарушения поверхности земли или воды, то начальная концентрация плутония 1,1 мг/м^2 считается допустимой.

ТРИТИЙ

А.15. Тритий — это радиоактивный изотоп, используемый в некоторых видах оружия. В воздухе тритий превращается в химическое соединение, аналогичное воде, это соединение — T_2O или HTO. В закрытом помещении пары «тритиевой воды» могут концентрироваться в воздухе, и она может легко поглощаться неповрежденным кожным покровом, легкими и желудочно-кишечным трактом, создавая таким образом опасность облучения для всего тела человека. Но, войдя в тело, «тритиевая вода» растворяется в обычной воде, находящейся в теле человека, и выделяется из него вместе с обычной водой, так как тритий не проявляет склонности к накоплению ни в костях, ни в каких-либо органах, чем и отличается от некоторых более опасных радиоактивных веществ.

А.16. Что касается гражданского населения вне театра военных действий или районов взрывов, то опасность, связанная с наличием трития в воздухе, почти исключена. Лишь узкий круг специально подготовленных лиц имеют доступ в помещения, где хранятся ядерные боеприпасы. Присутствие же трития в воздухе может быть обнаружено приборами, чувствительными к бета-частицам, а поэтому во всех местах, где может возникнуть опасность со стороны трития, имеются соответствующие контрольные приборы. Меры предосторожности, которые предусмотрены для защиты от других радиоактивных веществ, используемых в разных видах ядерных боеприпасов, дают вполне достаточные гарантии против опасности со стороны трития. Предельная доза этого изотопа при распределении по всему телу не должна превышать 3 милликюри. Для получения такой дозы человек должен в течение часа дышать радиоактивным воздухом, содержащим примерно 770 милликюри трития на каждый кубический метр.

ПРОДУКТЫ ДЕЛЕНИЯ

А.17. Продукты деления могут появиться только при такой аварии с ядерными боеприпасами, когда кроме энергии, выделенной в виде огня или взрыва, выделяется и энергия деления ядра. Вероятность вообще какого-либо выделения ядерной энергии крайне мала, но все же и эту возможность необходимо иметь в виду. Пока еще не было случая выделения каких-нибудь продуктов деления в результате аварии, хотя, как указывалось выше, во время некоторых аварий делящееся вещество ядерного боеприпаса нагревалось до плавления.

А.18. Если бы произошло какое-то выделение ядерной энергии, то опасность возникла бы главным образом из-за бета-частиц и

гамма-лучей, испускаемых радиоактивными продуктами деления. Результаты были бы аналогичны последствиям воздействия остаточного излучения, о которых говорилось в главе 9, но масштабы поражения были бы меньше, соответствуя фактическому количеству высвободившейся энергии деления. Кроме того, нейтроны, освобождающиеся в процессе расщепления, могут поглощаться различными материалами вблизи места взрыва, превращая их в источник наведенной радиоактивности, которая состоит либо только из бета-частиц или из бета-частиц вместе с гамма-лучами. Как бета-, так и гамма-излучения легко обнаруживаются соответствующими приборами, так что при обследовании места происшествия сразу же выявится, произошло ли там выделение продуктов деления. Если такое выделение произошло, то следует принять надлежащие меры по дезактивации местности.

Между прочим, если приборы для обнаружения и измерения излучений покажут наличие бета-частиц и гамма-лучей, можно без дальнейших исследований сделать вывод и о присутствии расщепляющихся веществ (уран или плутоний). В общем, можно считать, что доза облучения продуктами деления и наведенной радиоактивностью на расстоянии около 0,5 км от места происшествия будет незначительной.

МЕРЫ ЗАЩИТЫ

А.19. Министерство обороны и комиссия по атомной энергии имеют в своем распоряжении несколько сот специальных команд, подготовленных для ликвидации последствий возможных аварий с ядерными боеприпасами. Поскольку такие аварии могут произойти в любом месте, например в результате аварии самолета-носителя, нужно, чтобы противопожарная служба, полиция, служба гражданской обороны, органы здравоохранения и прочие службы немедленно принимали все необходимые меры. Когда это возможно, то в первую очередь нужно принять меры для спасения пострадавших и оказания им помощи. Затем нужно немедленно сообщить об аварии в ближайшую воинскую часть или в отделение комиссии по атомной энергии, с тем чтобы специальная команда могла быть своевременно направлена к месту происшествия. Все, кто не участвуют в спасательных работах, должны быть удалены от места происшествия по крайней мере на расстояние 450 м.

А.20. Если возникнет пожар, но станет совершенно очевидно, что ядерный боеприпас не горит и не охвачен пламенем, необходимо попытаться погасить пожар водой обычным способом. Если же окажется, что вода способствует усилению пламени, гашение водой следует сразу же прекратить. Струей воды следует охлаждать ядерный боеприпас, так как бризантное взрывчатое вещество не должно дать взрыва при температуре ниже 149°С. В тех случаях, когда ядерный боеприпас не охвачен огнем, его нужно защитить от воздействия излучаемого пламенем тепла слоем пены,

обычно применяемой для гашения жидкости горючего. Следует избегать нарушения слоя пены водяными струями.

А.21. Если ядерный боеприпас охвачен пламенем или видно, что бризантное взрывчатое вещество уже загорелось, никаких попыток к гашению пожара предпринимать не следует. Все люди должны быть удалены от места аварии на расстояние не менее 450 м, поскольку в этом случае возникает опасность ядерного взрыва. Можно упомянуть, что горение бризантного взрывчатого вещества сопровождается иногда возникновением белых языков пламени (появление «факелов»), но такие факелы возникают не всегда.

А.22. Не следует располагаться с подветренной стороны от места аварии, так как дым от загоревшегося боеприпаса может оказаться ядовитым и даже радиоактивным. Если пребывание в густом дыму в течение какого-то времени вызывается необходимостью, нужно надеть пылефильтрующие маски и защитные очки или пользоваться специальными дыхательными аппаратами. Однако отсутствие таких защитных средств не должно быть причиной задержки в проведении аварийно-спасательных работ, требующих кратковременного пребывания в задымленной зоне. Люди, побывавшие в дыму, должны пройти дозиметрический контроль и в случае необходимости быть подвергнуты санитарной обработке. В сущности, дозиметрическому контролю, а иногда и санитарной обработке следует подвергнуть всех людей, которые каким бы то ни было образом побывали в зараженном районе. Необходимо ограничить свободу передвижения этих людей, иначе возможно распространение радиоактивного заражения, и тогда принять необходимые меры по ликвидации последствий аварии будет труднее.

А.23. Если специальная команда еще не прибудет ко времени, когда пожар прекратится или будет потушен, то никаких мер по очистке места аварии самостоятельно предпринимать нельзя. Район аварии может быть заражен радиоактивными веществами, что представляет опасность для людей. По этим причинам в район аварии доступ должен быть закрыт для всех, кроме личного состава команд дозиметрического контроля. После тщательного осмотра места аварии эти команды либо проводят дезактивацию местности, либо определяют, какие другие меры следует принять для обеспечения безопасности людей.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОБНАРУЖЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

ВВЕДЕНИЕ

Б.01. Методы обнаружения ядерных взрывов определяются средой, где они проводятся. С этой точки зрения ядерные взрывы можно подразделить на три следующие категории: 1) подземные или подводные; 2) наземные, надводные, а также проводимые в нижних слоях атмосферы; 3) космические.

Что касается подземных и подводных взрывов, то методы их обнаружения, по которым уже накоплено немало экспериментальных и научных данных, основываются на измерениях сейсмических (волна сжатия в грунте) и гидроакустических (подводная ударная волна) эффектов. Наряду с методами, основанными на изучении интенсивности выпадения радиоактивных продуктов взрыва, а также на исследовании звуковых и электромагнитных колебаний, для обнаружения наземных взрывов и взрывов на небольшой высоте от поверхности земли применим также и сейсмический метод.

Б.02. Для обнаружения взрывов в космосе предложена методика, которая предусматривает использование как наземных средств, так и искусственных спутников Земли. К числу возможных наземных методов обнаружения относится наблюдение прямолинейно распространяющегося видимого света и флуоресценции воздуха, а также регистрация электромагнитных импульсов. Возмущение ионосферы, вызванное ядерным излучением, обычно можно обнаружить и исследовать с земной поверхности разными способами, например по обратному рассеиванию сигналов радиолокаторов, по поглощению космических шумов, по фазовому смещению радиоволн весьма низкой частоты и, наконец, путем использования ионных зондов для определения высоты ионизированных слоев атмосферы. Взаимодействие между продуктами взрыва на большой высоте и магнитным полем Земли может отразиться на состоянии электрического поля и магнитного поля, и тогда измерения на поверхности земли послужат средством обнаружения

ядерных взрывов. Той же цели могут послужить измерения рассеяния солнечного света под влиянием присутствия продуктов взрыва в атмосфере.

Б.03. Метод обнаружения, основанный на использовании искусственных спутников Земли, предусматривал бы в основном непосредственное измерение тепловых лучей, гамма-лучей и нейтронов либо в момент взрыва, либо сразу же после него. Бета-частицы (электроны), захватываемые магнитным полем Земли, тоже можно было бы обнаружить с помощью размещенных на спутнике приборов. Из всех названных способов обнаружения с помощью искусственных спутников ни один метод, кроме последнего, не прошел проверки в связи с ядерными взрывами на большой высоте или в космосе. К тому же следует заметить, что имеются очень ограниченные сведения о природных явлениях, способных создать колебания, которые потенциально эквивалентны сигналам, возникающим в связи с ядерными взрывами. Такие природные сигналы должны бы маскировать сигналы, которые возникают в результате ядерных взрывов. Следовательно, для разработки надежных методов обнаружения ядерных взрывов предстоит еще многое сделать. Особенно настоятельна необходимость дальнейшего развития методики обнаружения ядерных взрывов при помощи приборов, установленных на искусственных спутниках Земли.

Б.04. В последующих разделах кратко излагаются различные способы обнаружения ядерных взрывов. Порядок рассмотрения в книге определен в основном требованиями удобства изложения материала, а не специфическими условиями среды взрыва. Необходимо упомянуть, что лишь немногие методы разработаны в такой мере, что их уже сейчас можно применять для целей обнаружения. В основу большинства методов положено наблюдение за последствиями ядерного взрыва, но ценность таких методов пока еще не установлена. Мало известно и о явлениях природы, которые в состоянии создавать сигналы, аналогичные сигналам, возникающим в связи с ядерными взрывами. Следовательно, необходимо провести большую исследовательскую работу, чтобы определить эффективность указанных выше методов обнаружения ядерных взрывов и разработать соответствующие приборы.

Б.05. Рассмотренные ниже возможности обнаружения скрытно проводимых ядерных взрывов путем применения различных методов могут оцениваться только в свете существования какой-либо определенной всемирной системы обнаружения подобных взрывов. Эффективность любой системы обнаружения скрытно проводимых ядерных взрывов будет зависеть от числа контрольных постов, расположенных на данной территории, от числа инспекций, которые будет разрешено провести на территориях, откуда поступят неопознанные подземные сигналы, а также от точного и быстрого анализа всей совокупности данных, полученных при помощи различных средств обнаружения.

НАЗЕМНЫЕ СРЕДСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ

Обнаружение радиоактивных продуктов взрыва

Б.06. Основным признаком, свидетельствующим о проведении ядерного взрыва, является наличие радиоактивных продуктов взрыва. Наличие радиоактивных частиц от продуктов взрыва, произведенного в тропосфере, т. е. на высоте от 7500—16 500 м от поверхности земли, можно установить при помощи соответствующих фильтров, которые размещаются на самолете или в наземных контрольных установках. Время распространения радиоактивного облака в тропосфере зависит от высоты и мощности взрыва и от метеорологических условий. Воздушные пробы лучше всего брать не позже чем через двадцать дней после взрыва. Через тридцать дней после взрыва небольшой мощности совокупность процессов радиоактивного распада и рассеяния снизит величину суммарной активности до уровня, сопоставимого с естественным фоном излучения.

Б.07. При использовании этого метода иногда не удается обнаружить ядерные взрывы, при которых радиоактивное облако поднимается в стратосферу выше потолка самолетов, отбирающих пробы. Радиоактивные частицы могут в конце концов опуститься на высоту, доступную для самолетов, но за это время в результате процессов рассеяния и радиоактивного распада радиоактивность будет уменьшена до удельной радиоактивности естественного фона. Предлагалось для взятия проб на больших высотах использовать ракеты, но неизвестно пока, в какой мере этот способ осуществим на практике.

Б.08. Существующие радиохимические методы позволяют обнаружить и определить продукты от 10^8 делений ядер (в чистой пробе), что соответствует $1/10^{15}$ части радиоактивных продуктов взрыва мощностью в 1 килотонну.

Если в пробе содержатся осколки от 10^{10} делений и если они не смешаны в значительной степени с продуктами предшествовавших взрывов, то можно с точностью от 5 до 10% определить время, когда был произведен данный взрыв. Следовательно, и время ядерных взрывов можно устанавливать достаточно точно.

Б.09. Радиохимические пробы из стратосферы можно брать на наземных контрольных постах с помощью специальных фильтров. Сухие частицы выпадений могут собираться на больших открытых поверхностях, которые предварительно смачивают водой, что облегчает отбор проб. Известно, что большое количество радиоактивных продуктов взрыва, находящихся в тропосфере, выпадает на землю с дождем. Поэтому для обнаружения ядерных взрывов полезно брать и дождевые пробы. При возникновении метеорологических условий, которые препятствуют распространению в атмосфере радиоактивных частиц (к таким явлениям относятся выпадение дождей и возникновение состояния застоя), тропосферный ядерный взрыв мощностью в 1 килотонну можно обнаружить на расстоянии до 2100—3200 км от места взрыва, если чистые

пробы собраны на земле не позже чем через 20 дней после взрыва. Но взрывы мощностью порядка десятков килотонн (и даже более), если они производятся в стратосфере, могут не дать никаких радиоактивных продуктов на высотах, которые доступны для самолетов радиационной разведки.

Б.10. Кроме наземных контрольных постов отбор проб можно производить и с самолетов, которые оснащены специальными фильтрами. Когда какими-то средствами обнаружения установлено, что ядерный взрыв произведен в атмосфере, то требующиеся для анализа пробы можно взять в течение первых 5—6 дней на расстоянии 3200—4800 км от эпицентра. Если известно общее расположение радиоактивного облака, то пробы, взятые с самолетов в течение 2—5 дней после взрыва, можно использовать для установления времени, когда был произведен взрыв. Установить же место, где был произведен взрыв, обычно не удается, так как на движение частиц радиоактивного облака от места взрыва к точке отбора пробы могут влиять важные, но не поддающиеся оценке метеорологические факторы.

Б.11. Радиохимический анализ проб, содержащих радиоактивные продукты ядерных взрывов, можно использовать и для обнаружения взрывов, произведенных неглубоко под землей или под водой, если земля или вода, зараженная радиоактивными веществами, выбрасывалась в атмосферу. Однако этот метод менее эффективен в отношении таких взрывов, чем для взрывов той же мощности, когда они проводятся в тропосфере, так как значительная часть радиоактивных продуктов взрыва на небольшой глубине остается на земле или в воде. Кроме того, значительная часть радиоактивных частиц, переносимых ветрами нижних слоев, сильно вымывается дождями и рассеивается.

Б.12. Следует заметить, что все ядерные взрывы служат причиной появления радиоактивных частиц, состоящих главным образом из продуктов деления. Термоядерный взрыв около 50% своей энергии выделяет за счет реакции деления, хотя в специально разработанных так называемых «чистых» бомбах количество энергии, выделяемой за счет деления ядра, можно сократить до нескольких процентов от общего количества энергии, высвобождающейся при взрыве. Термоядерные взрывы можно, видимо, обнаруживать по увеличению в атмосфере содержания углерода-14 и по повышенному содержанию трития. Обнаружить радиоактивные продукты после взрыва чисто термоядерного устройства гораздо труднее, чем выявить радиоактивные продукты взрыва ядерного боеприпаса, в котором используется реакция деления.

Рассеяние света взвешенными в воздухе продуктами взрыва

Б.13. Взвешенные в воздухе радиоактивные частицы сначала ионизируются, и, если взрыв произошел в околоземном пространстве, на высоте нескольких тысяч километров, часть ионов будет

захватываться магнитным полем Земли. Продукты такого рода, находящиеся в верхних слоях атмосферы, можно, видимо, обнаружить, производя измерения длины волны в рассеянном солнечном свете, соотнося затем полученные длины волн с теми элементами, которые их характеризуют. Теоретически обоснована возможность опознания этим способом продуктов ядерного взрыва в околоземном пространстве. Однако мощность взрывов, обнаруженных таким образом, сколько-нибудь точно установить трудно. Столько же трудно определить то расстояние от эпицентра, на котором прослеживаются и измеряются эффекты светового рассеяния.

Звуковые волны

Б.14. Ударная волна, возникшая при взрыве в воздухе, превращается затем в обычную звуковую волну и распространяется на значительные расстояния. В однородной атмосфере амплитуда волны в воздухе приблизительно прямо пропорциональна кубическому корню из мощности взрыва и обратно пропорциональна расстоянию от эпицентра. Но на наблюдаемое значение амплитуды сильно влияет состояние атмосферы, так что оно может оказаться в пять и более раз выше или ниже того, которое получено при помощи упрощенного метода расчета.

Б.15. Существующие в настоящее время микробарографы специальной конструкции в состоянии реагировать на изменение давления порядка 0,1 дин/см^2, т. е. на величину $1/10^7$ нормального атмосферного давления, и позволяют обнаруживать воздушные взрывы мощностью в 1 килотонну на расстоянии сотен километров от эпицентра взрыва, несмотря на наличие естественных шумов. Для данного взрыва фактически предельная дальность обнаружения будет зависеть от метеорологических условий на всем пути и от местного фона шумов в районе расположения контрольного поста. Если ветры в верхних слоях атмосферы сохраняют в основном постоянное направление, то воздушный взрыв мощностью в 1 килотонну, который произведен на высоте 30 000 и даже 45 000 м, можно обнаружить с удовлетворительной вероятностью (60—90%) на расстоянии 2100—3200 км от места взрыва в направлении ветра и 500 км — в противоположном направлении, при условии, что уровень помех в это время остается средним, а место для контрольного поста с точки зрения акустических условий выбрано удачно. Когда же верхние ветры неустойчивы по направлению, а их средняя скорость невелика, что нередко наблюдается весной и осенью, то воздушный взрыв мощностью в 1 килотонну поддается обнаружению в любом направлении от места взрыва на расстоянии около 1300 км, при условии, что уровень помех в это время остается средним, а место для контрольного поста с точки зрения акустических условий выбрано удачно.

Б.16. Методами пеленгации и триангуляции на основе наблюдений по крайней мере трех контрольных постов, которые надле-

жащим образом размещены, место взрыва можно приближенно определить, если принять во внимание при расчетах суточные и сезонные метеорологические условия. Если посты расположены на расстоянии 1600 км друг от друга, то место взрыва можно, по-видимому, определить с точностью до 100 км. С уменьшением расстояния между постами точность обнаружения повышается.

Б.17. Звуковые волны, похожие на те, что создаются при ядерных (и химических) взрывах, возникают и под действием природных явлений, в первую очередь при извержениях вулканов и падении крупных метеоритов. Такие явления, разумеется, могли бы еще больше затруднить обнаружение ядерных взрывов акустическими методами.

Б.18. При глубоких подводных взрывах по воздуху распространяется лишь весьма слабая звуковая волна, но эти взрывы создают гидроакустические (т. е. подводно-звуковые) волны, которые очень легко обнаруживаются шумопеленгаторами на больших расстояниях, если место взрыва находится недалеко от оси подводного звукового канала в открытом океане. Можно считать, что подводные взрывы мощностью менее 1 килотонны обнаруживаются на расстоянии около 10 000 км, если только распространению звука не препятствуют подводные горы, острова и т. д. С другой стороны, взрывы мощностью в 1 килотонну могут оказаться невыявленными, если они проводятся в условиях, которые затрудняют обнаружение. В некоторых случаях явления, вызванные взрывами, сходны с подводными волнениями. Большого распространения такие волнения, видимо, не имеют, но они плохо изучены. Если путем обнаружения гидроакустических волн удается выявить какой-то район, который рассматривается как предполагаемое место подводного взрыва, то точный ответ может быть получен при помощи радиохимического анализа проб воды, взятой из океана поблизости от места предполагаемого взрыва. Это возможно, разумеется, лишь в случае, когда радиоактивные продукты взрыва выбрасываются на поверхность.

Сейсмические волны

Б.19. Подземные или подводные ядерные взрывы вызывают появление сейсмических волн, т. е. колебаний, подобных тем, что возникают при землетрясении. Такие волны распространяются на значительные расстояния и могут быть обнаружены чувствительными сейсмографами, если только амплитуды этих волн превосходят амплитуды непрерывных «шумов», вызываемых микросейсмическими явлениями (т. е. небольшими сотрясениями, возникающими под действием береговых штормов, сильных ветров, вибрации тяжелых машин и т. д.). Основная трудность заключается, однако, в возможности различать волны от подземных или подводных взрывов и волны, возникающие вследствие землетрясений. Во время испытания «Рейньер», проведенного под землей, в заполненной водой туфовой пещере, было взорвано ядерное устройство мощностью в 1700 т. При этом сейсмическая волна была аналогична волне от землетрясения с магнитудой порядка 4,06 по Гутенбергу-Рихтеру. Установлено же, что во всем мире ежегодно происходит около 10 тысяч мелкофокусных землетрясений такой или большей мощности, а землетрясения меньшей величины бывают еще чаще.

Б.20. Если на нескольких постах, расположенных вокруг эпицентра какого-то подземного явления, будут зафиксированы четкие сигналы, размеры района, в пределах которого находится эпицентр, могут быть определены с точностью 210 км^2. При отсутствии же таких постов район, где могло бы произойти это явление, значительно увеличивается, а значит, точность обнаружения уменьшится. На основе ряда сейсмических сигналов естественное землетрясение часто можно опознать как таковое, а подземные ядерные взрывы по одним только сейсмическим сигналам опознать невозможно. Только пробы, содержащие радиоактивные продукты ядерного взрыва, можно считать положительным доказательством проведения ядерного взрыва.

Б.21. Есть, однако, один способ, который помогает отличать сигналы, возникающие при ядерном взрыве, от сигналов, которые вызваны землетрясениями: он основан на предположении, что при ядерном взрыве под землей или под водой первичное движение грунта при прохождении сейсмических волн направлено в сторону от взрыва, образуя всенаправленную волну сжатия, тогда как в случае землетрясения это движение грунта наблюдается как от центра, так и к эпицентру. Если это положение справедливо, то все сейсмические станции вокруг района подземного или подводного взрыва должны зарегистрировать первичное движение грунта в направлении от эпицентра.

Б.22. Всегда возможно, что на первое положительное смещение, наблюдаемое в связи с ядерным взрывом, наложатся микросейсмические явления и другие посторонние колебания грунта. Тогда первое зарегистрированное смещение может оказаться отрицательным, а за его причину будет, возможно, принято землетрясение. Вообще считают, что первое смещение, вызванное волнами «Р» (т. е. продольными волнами) от взрыва типа «Рейньер», может считаться надежным признаком на расстояниях 720 км при условии, что максимальный сейсмический сигнал будет по меньшей мере в 10 раз сильнее уровня помех. На расстояниях же примерно от 720 до 1120 км сигнал от взрыва должен быть уже раз в двадцать больше уровня фоновых помех, иначе этот сигнал нельзя будет зарегистрировать. Ясно, что при наличии больших местных помех трудно будет обнаружить этим способом взрывы малой мощности. Эти выводы относятся к «ближней зоне» обнаружения, простирающейся на расстояние около 1120 км. Существует еще так называемая «теневая зона», простирающаяся на расстояние примерно от 1120 до 2400 км, где амплитуда начальной

волны исключительно мала, и есть, наконец, «дальняя зона», лежащая за пределами 2400 км от места возникновения сейсмического возмущения. В пределах этой зоны могут быть приняты мощные сейсмические сигналы от волн, следовавших иным путем через землю. В дальней зоне трудно выделить сигналы, возбужденные ядерным взрывом, от микросейсмических помех фона.

Б.23. Во время проведения серии испытаний «Хардтэк II» (1958 год) подземные взрывы «Логан» (5 килотонн) и «Бланка» (19 килотонн) были отмечены сейсмографами в каждой из трех зон, но все сейсмограммы показали, что первое смещение было якобы смещением разрежения, т. е. отрицательным. Лишь те сейсмографы, которые находились на расстояниях нескольких сот километров от эпицентров этих двух взрывов, с полной ясностью показали, что первые смещения были следствием действия волны сжатия. На основании же записей большинства сейсмографов, находившихся в разных пунктах вокруг эпицентров взрывов «Бланка» и «Логан», эти оба подземных ядерных взрыва могли бы быть ошибочно приняты за землетрясения, если в качестве критерия рассматривались бы лишь первые отрицательные смещения, которые зафиксированы сейсмографами.

Б.24. Мощность сигналов подземных взрывов зависит от природы среды, в которой эти взрывы производятся. Объясняется это различием в степени передачи механической энергии или так называемой «связи» взрыва с окружающим грунтом или породой. Были проведены опыты по изучению сейсмического действия обычных бризантных взрывчатых веществ. Так, например, заряды тринитротолуола весом до одной тонны взрывались в отложениях соли. По данным об этих взрывах путем экстраполяции было вычислено, что по отношению к ядерным взрывам малой мощности коэффициент снижения сейсмического эффекта в отложениях соли по сравнению с туфом должен был быть в 2,5 раза больше при взрывах забойного типа. Однако после подземного ядерного взрыва «Гном», мощностью около 3000—4000 т, проведенного 10 декабря 1961 года в соляном пласте близ Карлсбада (штат Нью-Мексико), оказалось, что вместо коэффициента снижения сейсмического эффекта в солевом пласте наблюдается коэффициент развязывания порядка 2,5.

Б.25. Уменьшения сейсмической связи можно добиться, взрывая ядерные устройства в больших пещерах. Ниже приводится таблица вычисленных диаметров сферических пещер. Такие диаметры потребовались бы для достижения разной степени сейсмического эффекта при взрывах различной мощности. Все эти данные относятся к пещерам, расположенным на глубине примерно 900 м. На больших глубинах потребовались бы меньшие диаметры, а на меньших глубинах диаметры пришлось бы увеличить. Развязывающее действие вычислено по отношению к зарядам, подготовленным по типу полной забивки в туфе. Вычислено, например, что при взрыве мощностью в 100 килотонн, произведенном в полости

диаметром 76 м в соляном пласте, интенсивность сейсмического сигнала на больших расстояниях будет примерно такой же, как и от взрыва мощностью в 3,3 килотонны в туфе в заполненной грунтом камере. Если то же устройство было бы взорвано в полости диаметром 235 м, тогда расчетная мощность уменьшилась бы до 330 тонн.

Вычисленные значения коэффициента снижения сейсмического эффекта при ядерных взрывах

Мощность взрыва (килотонны)	Диаметр полости, необходимый для получения коэффициента снижения порядка 300 в соляном пласте по сравнению со взрывом в туфе (м)	Диаметр полости, необходимый для получения коэффициента снижения порядка 30 в соляном пласте по сравнению со взрывом в заполненной грунтом камере[1] (м)
10	108	34,5
20	135	43,5
50	183	58,5
100	230	75,0
300	330	108

Б.26. Эти теоретические расчеты частично подтвердились взрывами бризантных веществ соответствующей мощности, которые проводились в соляных выработках. По приблизительному подсчету общий коэффициент снижения сейсмического эффекта можно довести до 1000 путем добавления в полость теплопоглотителей.

Б.27. Ведется работа по усовершенствованию сейсмических методов обнаружения подземных или подводных взрывов. Один из путей к решению задачи состоит в том, чтобы разработать такие сейсмографы, которые реагировали бы лишь на волны определенных частот, что уменьшило бы влияние помех фона. Возможно, что приборы, чувствительные к очень длинным волнам, т. е. к волнам с частотой порядка от 0,01 до 0,1 гц, окажутся полезными в этом отношении, потому что микросейсмические помехи на таких частотах будут, видимо, небольшими. Другая возможность заключается в использовании целых систем обнаружения, что увеличивало бы возможности выделения полезного сигнала. И наконец, можно сконструировать такие приборы обнаружения, которые были бы способны работать в глубоких колодцах, в нескольких километрах от поверхности земли. Поскольку значительная часть шумов естественного фона ограничивается областями, расположенными близ земной поверхности, эти приборы могли бы регистрировать гораздо более слабые сигналы, чем те, которые можно отличить от сигналов фона на поверхности земли. Подсчитано, что для регистрации очень слабых сейсмических волн от взрыва отношение амплитуд сигнал/шум необходимо повысить в 100—1000 раз.

[1] Расчет произведен для глубины около 900 м.

Б.28. С целью отыскания способа отличать подземный взрыв от землетрясения сейчас изучается, насколько надежным можно считать критерий первого движения. А пока, пожалуй, единственный надежный способ установить, что данное сейсмическое явление относится к землетрясению,— это определить «глубину эпицентра». Для такого определения требуется измерить интервал времени между прибытием прямой (неотраженной) и поверхностной (отраженной) волн типа «Р». Ныне этот способ можно с уверенностью использовать лишь по отношению к таким землетря-

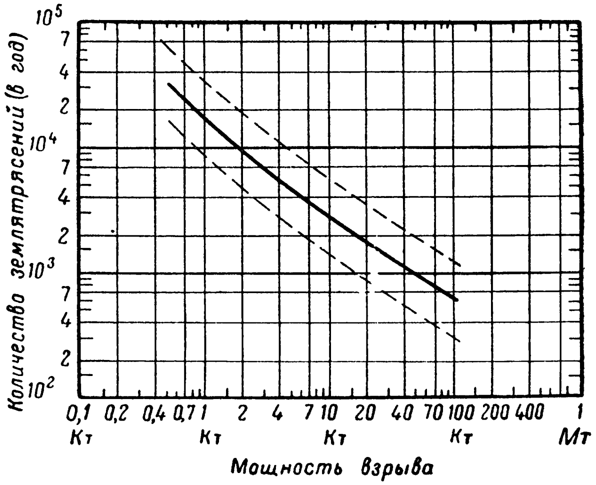


Рис. Б.29. Количество ежегодных мелкофокусных землетрясений, которые по своей мощности равны или больше мощности подземных ядерных взрывов типа «Рейньер». (Пунктирные линии показывают предел неопределенности приведенных данных.)

сениям, у которых эпицентр оказывается на глубинах более 50—80 км. Каждый год происходит большое количество мелкофокусных землетрясений, у которых невозможно точно определить глубину эпицентра, а значит, пока не существует надежного способа опознавания этих землетрясений.

Б.29. Рис. Б.29 дает представление о характере рассматриваемой проблемы. Здесь представлено приблизительно среднее количество ежегодных мелкофокусных землетрясений, мощность которых больше или равна мощности указанных ядерных взрывов в Невадском туфе. Пунктирные линии показывают приблизительно предел неопределенности приведенных данных.

Мы видим, что ежегодно происходит около 18 000 мелкофокусных землетрясений с мощностью порядка 1000 т и более, а около 3000 землетрясений имеет мощность порядка 10 000 т.

Электромагнитный сигнал (радиосигнал)

Б.30. В качестве средства обнаружения ядерных взрывов предложено воспользоваться электромагнитным импульсом с частотами порядка 10—15 кгц. Такого рода импульс возникает вследствие асимметричного испускания гамма-лучей, которое сопровождает ядерный взрыв. При малом уровне фоновых помех вблизи приемного поста можно принимать радиосигналы от взрыва мощностью 1000 т на расстоянии до 4800 км от эпицентра взрыва. Этот способ обнаружения, по-видимому, применим и к взрывам в космосе на высотах до 960 км от поверхности земли. С помощью радиопеленгационной аппаратуры можно вычислить азимутный угол с точностью 2°, что соответствует ошибке около 50 км на расстоянии в 1600 км. Время от момента взрыва до момента принятия сигнала составляет небольшую долю секунды.

Б.31. Большой недостаток метода обнаружения взрывов при помощи радиоаппаратуры заключается в том, что вспышки молнии дают сигналы приблизительно такого же диапазона частоты, какой присущ импульсным сигналам, вызываемым ядерными взрывами. Вблизи эпицентра взрыва электромагнитный сигнал отличается от помех, вызванных молнией, но на расстоянии 960 км от эпицентра их вряд ли можно различить при помощи современной аппаратуры. Правда, разрабатываются способы, которые должны обеспечить исключение значительной части грозовых помех, но пока еще полагаться на этот метод нельзя из-за невозможности отличить полезный сигнал от помех. До тех пор пока эта проблема не разрешена, метод обнаружения ядерных взрывов посредством радиоаппаратуры будет слишком часто давать так называемую ложную тревогу, т. е. ошибочно регистрировать ядерные взрывы, когда на самом деле имеют место вспышки молнии.

Видимый свет и флуоресценция

Б.32. Видимый свет от ядерных взрывов представляет собой один из факторов, который можно использовать для обнаружения этих взрывов. Хотя метод обнаружения по свету не имеет практического значения при подземных и подводных взрывах, он пригоден для обнаружения взрывов на больших высотах, так как световую технику можно видеть на огромных расстояниях. Вычислено, что с поверхности земли можно обнаружить экранированный[1] или неэкранированный взрыв большой мощности в дневное время на высоте 320 000 км, а ночью на высоте, превосходящей эту в десять или более раз. Облачность над наблюдательным пунктом, разумеется, исключает возможность использования этого метода, но такого рода затруднений можно избежать, если имеется несколько наблюдательных пунктов, расположенных далеко друг от друга.

[1] Экранированным называется такой взрыв, когда ядерный боеприпас экранируют тонким слоем свинца или другого материала. Такого рода экраны особенно эффективны по отношению к мягким рентгеновским лучам.

Б.33. Когда рентгеновские лучи от взрыва на большой высоте (даже если взрыв произведен значительно за пределами атмосферы) приходят в соприкосновение с верхними разреженными слоями атмосферы, они возбуждают нейтральные и ионизированные молекулы азота. Как уже было сказано в п. 2.120, в результате избытка энергии происходит быстрое вторичное излучение в виде яркого импульса (видимого) флуоресцентного свечения. Это излучение ограничивается несколькими очень узкими и специфическими частотами, а поэтому оказалось возможным создать эффективную систему обнаружения, которая состоит из широкоугольного объектива и узкополосного фильтра на соответствующую полосу спектра. Этот метод обнаружения применим в условиях яркого дневного света, но несколько эффективнее ночью. Так, взрыв мощностью порядка 1 мегатонны от неэкранированного ядерного устройства можно было бы обнаружить ночью на расстоянии нескольких миллионов километров от места взрыва. Установлено, что вспышки молнии не вызывают помех в системе обнаружения, хотя северное и южное сияние способно явиться причиной помех. Еще не ясно, обеспечивают ли указанные методы достаточную дальность обнаружения и не слишком ли часто они будут давать так называемые ложные тревоги, т. е. можно ли эти методы использовать для обнаружения ядерных взрывов в космосе.

Радиолокационная станция обратного рассеяния

Б.34. Ядерные взрывы, произведенные на больших высотах, могут вызвать изменения плотности электронов в ионосфере. Такое измененное состояние может продолжаться в течение некоторого времени и быть помехой для радиосвязи и работы радиолокационных систем. Эти изменения в ионосфере можно обнаружить по обратному рассеянию сигналов радиолокационных станций на частотах 10—30 Мгц от ионизированных областей, возникших в результате ядерных взрывов. Так можно обнаружить взрыв мощностью в 1 мегатонну неэкранированного ядерного устройства на высоте 16 000 км. Главный недостаток этого метода обнаружения состоит в том, что имеются и природные явления, которые вызывают аналогичные изменения ионосферы. Необходимо еще продолжать работу над этим методом, чтобы определить, как часто этот метод может давать «ложную тревогу», и чтобы лучше понять характер сигнала обратного рассеяния, возникающего в связи с изменениями в ионосфере под действием ядерного взрыва в космосе.

Поглощение космических шумов

Б.35. Ионизация ионосферы под действием рентгеновских лучей (а также других видов изменений) от ядерного взрыва на большой высоте оказывает влияние на абсорбирующую способность этой области атмосферы. Радиосигналы из космических пространств на своем пути к приемнику (риометру) должны пройти через ионосферу. Анализ ионизации, которая может быть вызвана ядерным взрывом в космосе, показывает, что в течение примерно 1 секунды должно наблюдаться измеримое изменение интенсивности принимаемых космических шумов. Естественное же изменение интенсивности происходит приблизительно через 30 секунд после вызвавшего его явления. Сейчас производятся исследования с целью установить, существуют ли подобные изменения интенсивности, обусловленные природными явлениями, которые происходили бы через меньшее время. Если вероятность «ложной тревоги» окажется вполне допустимой, то можно будет считать, что с помощью этого метода поддаются обнаружению взрывы неэкранированных ядерных устройств мощностью порядка 1 Мт на расстоянии до 16 000 км. Поскольку ионизация вызывается в основном рентгеновскими лучами, эффективность метода риометрического определения можно значительно уменьшить, поместив небольшой и легкий экран между ядерным зарядом и землей. Другой недостаток этого метода заключается в том, что излучение волн высокой частоты от Солнца иногда бывает столь интенсивным, что риометр окажется в состоянии насыщения и не сможет выполнять свои функции.

Аномалия распространения волн весьма низкой частоты

Б.36. Есть еще один способ обнаружения изменений в атмосфере, вызванных рентгеновскими лучами от ядерного взрыва в космосе. Этот способ основан на измерении фазовой аномалии волн весьма низкой частоты. Следовательно, он не применим для выявления так называемых экранированных ядерных взрывов. Суть метода состоит в том, что вызванные ядерным взрывом возмущения в ионосфере обусловливают небольшие изменения во времени распространения волн от передатчика весьма низкой частоты до какого-то расположенного далеко от него приемника. Принятый сигнал регистрируется с измеримым фазовым сдвигом. Исследования показали, что никакие естественные причины не вызывают таких быстрых фазовых сдвигов, какие происходят в результате ядерных взрывов в космосе. Возможная дальность обнаружения при помощи метода, основанного на фазовой аномалии низкочастотных волн, в применении к неэкранированному взрыву в 1 мегатонну измеряется миллионами километров.

Измерения при помощи ионозонда

Б.37. Ионозонд — это в сущности радиолокатор с вертикальным пучком, который предназначен для определения высоты ионизированных слоев атмосферы. Как мы уже знаем, ядерный взрыв сопровождается аномальной ионизацией, которая может привести к измеримым изменениям уровней ионизации. Возможно, что

с помощью ионозонда удастся обнаруживать ядерные взрывы неэкранированного заряда мощностью в 1 мегатонну на расстояниях до 16 000 км.

Возмущение магнитного и электрического полей Земли

Б.38. Ядерный взрыв в пределах магнитного поля Земли должен возбуждать магнитогидродинамические волны в этом поле, сопровождающиеся возмущениями, которые могут быть определены при помощи измерений на Земле. Были, например, отмечены оба вида таких возмущений, возникших в связи с ядерными испытаниями «Аргус», проведенными на большой высоте. Необходимо дальнейшее исследование этих явлений, чтобы лучше понять их природу и установить, насколько часто подобные возмущения могут возникать в форме естественных природных явлений. Теоретические расчеты показывают, что ионизирующее излучение от ядерных взрывов на большой высоте, даже за пределами магнитного поля Земли, может вызвать измеримые изменения поля у земной поверхности. Но и здесь, чтобы удостовериться в пригодности этого метода обнаружения ядерных взрывов, основанного на исследовании возмущений магнитного и электрического полей, необходимо продолжать исследования и испытания.

ИЗМЕРЕНИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ПРИБОРОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКАХ ЗЕМЛИ

Введение

Б.39. В принципе возможно обнаружение ядерных взрывов при помощи приборов, регистрирующих непосредственное излучение, а именно рентгеновские лучи, нейтроны и бета-частицы. Но поскольку излучения этого рода при прохождении через воздух либо поглощаются, либо теряют часть своей энергии, а также подвергаются воздействию электрических и магнитных полей, то метод применим к ядерным взрывам за пределами атмосферы и за радиационными поясами. Поэтому аппаратура обнаружения должна устанавливаться на ряде искусственных спутников Земли, а информация должна передаваться на Землю при помощи радиотелеметрической системы. Наблюдение за непосредственным излучением может использоваться для обнаружения ядерных взрывов, происходящих за пределами атмосферы, в космосе, на огромных расстояниях в миллионы километров от Земли.

Б.40. Вопрос о выборе оптимальных орбит для искусственных спутников Земли усложняется из-за наличия вокруг Земли природных радиационных поясов. Наблюдения на высоте между

нижней кромкой внутреннего пояса и верхней кромкой внешнего пояса, т. е. на расстояниях примерно 1600—64 000 км от Земли, были бы бесполезными из-за помех. Поэтому орбиты искусственных спутников Земли должны лежать выше этой области.

Мягкие рентгеновские лучи

Б.41. Более 50% общего количества энергии ядерного взрыва в космосе выделяется в виде мягких рентгеновских лучей. Излучение такого рода может быть обнаружено на бо́льших расстояниях, чем гамма-лучи, нейтроны или бета-частицы, хотя это зависит от экранирования заряда и от состояния фона. Чтобы свести к минимуму возможность так называемых ложных тревог, можно одновременно использовать несколько разных способов обнаружения. Если сигналы с соответствующими временными характеристиками были бы одновременно зарегистрированы определенным количеством приборов, то это подтвердило бы факт ядерного взрыва.

Б.42. Если искусственный спутник Земли находится за пределами природных радиационных поясов Земли, максимальная теоретическая дальность обнаружения ядерных взрывов по измерению мягкого рентгеновского излучения должна составить $1{,}6 \cdot 10^9$ км (неэкранированный взрыв мощностью в 1 мегатонну). Однако способ обнаружения ядерных взрывов на основе измерения теплового рентгеновского излучения не эффективен при экранированных ядерных взрывах. Экран сокращает количество энергии, выделяемой в виде мягких рентгеновских лучей, как вследствие понижения температуры, так и в связи с ослаблением интенсивности излучений в экране. При наличии экрана фактическая дальность обнаружения уменьшается в 250 раз, а значит, вместо вычисленной она составит всего 6 400 000 км. Дальнейшее усовершенствование приборов обнаружения может частично компенсировать влияние экрана.

Гамма-лучи

Б.43. Гамма-лучи как мгновенные, так и запаздывающие тоже должны поддаваться обнаружению на больших расстояниях от места взрыва. Для обнаружения мгновенных лучей, испускаемых менее чем за одну микросекунду, потребовалась бы система сцинтилляционных детекторов, которые должны зарегистрировать сигналы, совпадающие во времени в пределах нескольких стомиллионных секунды, т. е. соответствующие лишь нескольким колебаниям. Поскольку такое совпадение могло бы явиться и результатом местного ливня космического излучения, то доказательством обнаружения взрыва можно считать тот факт, что несколько счетчиков Гейгера, размещенных на искусственных спутниках Земли, не зарегистрируют совпадающих сигналов. Все счетчики реагиро-

вали бы на космический ливень, но не все были бы достаточно чувствительными, чтобы реагировать на гамма-лучи на большом расстоянии от места ядерного взрыва. Дальность обнаружения ядерного взрыва по мгновенным гамма-лучам при неэкранированном взрыве мощностью в 1 мегатонну составляет около 32 миллионов километров.

Б.44. Запаздывающие гамма-лучи испускаются выпадающими продуктами ядерного взрыва, и поэтому они трудно поддаются экранированию. Обнаружение такого излучения в течение одной секунды после взрыва мощностью в 1 мегатонну должно быть возможно на расстоянии до 3,2 миллиона километров независимо от того, применялось экранирование или нет. Для обнаружения ядерных взрывов по этому способу необходима система сцинтилляционных детекторов, способных отличать гамма-лучи высокой энергии от гамма-лучей продуктов деления.

Нейтроны

Б.45. Обнаружение ядерных взрывов по нейтронам связано с более значительными трудностями, чем обнаружение ядерных взрывов, основанное на изучении других видов излучения. Однако этот метод более надежен. Для обнаружения ядерных взрывов с помощью этого метода можно, например, использовать счетчик нейтронов с датчиком в виде трехфтористого бора или со сцинтиллятором на основе йодистого лития. С помощью этих приборов можно было бы обнаружить неэкранированный ядерный взрыв мощностью в 1 мегатонну на расстоянии до 1 600 000 км и экранированный ядерный взрыв — на более коротком расстоянии.

По нейтронам, испускаемым радиоактивными продуктами взрыва при позднем их выпадении, ядерный взрыв (экранированный или неэкранированный) мощностью в 1 мегатонну можно обнаружить на расстоянии около 160 000 км.

Бета-частицы

Б.46. Существует также метод обнаружения ядерных взрывов, основанный на обнаружении бета-частиц, т. е. электронов, испускаемых продуктами деления, захваченными магнитным полем Земли в результате так называемого «эффекта Аргуса». Используя простые счетчики электронов, можно обнаруживать повышение плотности электронов, вызванное любым ядерным взрывом мощностью более 1000 т, который произойдет между 70° северной и 70° южной магнитной широтами на высоте до 48 000 км. За пределами указанной области эффективность применения этого способа быстро снижается с расстоянием. Экранирование ядерных боеприпасов, разумеется, не влияет на эффективность применения этого способа.

Выводы

Б.47. Значительная степень неопределенности при использовании искусственных спутников Земли для обнаружения ядерных взрывов обусловливается тем, что еще мало изучен уровень фоновых помех, т. е. космические импульсы излучения микросекундного диапазона, которые могут быть ошибочно истолкованы как результат ядерных взрывов. Для того чтобы установить вероятность «ложных тревог» и определить характеристики аппаратуры обнаружения, необходимо производить запуск на орбиту вокруг Земли прототипов этой аппаратуры. Это позволит в конечном счете установить, насколько эффективны методы обнаружения ядерных взрывов, основанные на использовании искусственных спутников Земли.

Б.48. Ниже приводится таблица дальности обнаружения ядерных взрывов для каждого из предложенных методов. Эта таблица приобретает свое полное значение лишь при условии, что удастся разрешить еще многие проблемы, относящиеся к описанным выше методам и способам обнаружения. Приведенные дальности соответствуют взрыву мощностью в 1 мегатонну. Для взрывов мощностью от 1 до 10 килотонн дальность обнаружения при применении любого из вышеперечисленных способов (кроме способа, основанного на улавливании электронов, когда дальность обнаружения не зависит от мощности взрыва) будет в 10—100 раз меньше приведенных в таблице величин.

РАСЧЕТНЫЕ ДАЛЬНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОИЗВЕДЕННЫХ В КОСМОСЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ МОЩНОСТЬЮ В 1 МЕГАТОННУ

Способы обнаружения наземными средствами

Способ	Дальность обнаружения (км)	
	неэкранированные взрывы	экранированные взрывы
Прямой видимый свет в дневное время	320 000[а]	> 320 000[а]
Прямой видимый свет в ночное время	> 3 200 000[а]	> 3 200 000[а]
Флуоресценция	9 600 000[б]	96 000—960 000[б]
Радиолокатор обратного рассеяния	16 000	~ 1600
Поглощение космических шумов	16 000	~ 1600
Ионозонд	16 000	~ 1600
Электромагнитный импульс	> 1600	> 1600
Фазовая аномалия волн весьма низкой частоты	9 600 000	96 000—9 600 000
Электрическое и магнитное поля Земли	~ 16 000	~ 16 000

а) Эти расчетные данные относятся лишь к такому случаю, когда линия горизонта нигде не закрыта облачностью.

б) Облачный покров не мешает наблюдать флуоресценцию, но препятствует регистрации обыкновенного видимого света.

Способы обнаружения при помощи искусственных спутников Земли

Способ	Дальность обнаружения (км)	
	неэкранированные взрывы	экранированные взрывы
Тепловые рентгеновские лучи	1 600 000 000	6 400 000
Мгновенные гамма-лучи	3 200 000	3 200 000
Запаздывающие гамма-лучи	3 200 000	3 200 000
Мгновенные нейтроны	1 600 000	1 600 000
Запаздывающие нейтроны	160 000	160 000
Захваченные электроны	48 000	48 000

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 5

Глава 1. **Общие сведения о ядерных взрывах** 7

Особенности ядерных взрывов —

Введение —

Строение атомов и изотопы 9

Высвобождение ядерной энергии. Реакции деления и синтеза . . 10

Количество энергии, выделяемой при ядерном взрыве 12

Световое излучение 13

Распределение энергии при ядерных взрывах —

Виды ядерных взрывов 15

Теоретическое обоснование явлений, связанных с ядерным взрывом 18

Энергия деления ядер и цепная ядерная реакция —

Критическая масса ядерного заряда 22

Образование критической массы 24

Продукты деления 25

Реакции синтеза (термоядерные реакции) 27

Световое излучение 29

Глава 2. **Описание ядерных взрывов** 33

Введение —

Описание воздушных и наземных (надводных) взрывов 34

Огненный шар —

Радиоактивное облако 36

Характеристика наземного (надводного) взрыва 41

Выпадение радиоактивных веществ 44

Ударная волна 47

Световое излучение при воздушном взрыве 49

Начальное ядерное излучение при воздушном взрыве 50

Другие явления, сопровождающие ядерный взрыв 52

Стадии развития воздушного взрыва 54

Описание ядерного взрыва на большой высоте 55

Введение —

Внешняя картина взрыва на большой высоте —

Описание подводных взрывов 58

Внешняя картина взрыва на малой глубине —

Стр.

Базисная волна . 62
Радиоактивность базисной волны 64
Световое и ядерное излучения при подводном взрыве 65
Стадии развития подводного взрыва на небольшой глубине . . 66
Внешняя картина подводного взрыва на большой глубине . . . —
Описание подземных взрывов 68
Внешняя картина подземного взрыва на небольшой глубине . . —
Базисная волна и выпадение радиоактивных веществ 70
Световое и ядерное излучения при подземном взрыве 71
Стадии развития подземного взрыва на небольшой глубине . . . —
Явления, сопровождающие подземный взрыв на большой глубине —
Теоретическое обоснование явлений, сопровождающих ядерный взрыв 73
Введение . —
Развитие огненного шара при воздушном взрыве 75
Температура огненного шара 79
Размер огненного шара 81
Взрывы на больших высотах 83
Ядерные взрывы и метеорологические условия 88
Стадии развития воздушного взрыва 90
Стадии развития подводного взрыва на небольшой глубине 95
Стадии развития подземного взрыва 99

Глава 3. **Ядерный взрыв в воздухе и его действие** 102

Характеристики воздушной ударной волны —
Возникновение ударной волны —
Изменение избыточного давления во фронте воздушной ударной волны с течением времени 104
Скоростной напор (динамическое давление) 106
Время распространения и время действия ударной волны 108
Отражение ударной волны от поверхности 109
Падающая и отраженная волны —
Образование головной ударной волны 111
Высота взрыва и разрушения, вызываемые взрывом 113
Контактный (наземный) взрыв 114
Влияние условий взрыва на процессы образования и распространения воздушной ударной волны 115
Влияние рельефа местности —
Влияние метеорологических условий 116
Влияние высоты . 118
Влияние поверхности . 119
Волна сжатия в грунте при воздушном взрыве —
Параметры воздушной ударной волны 120
Свойства ударной волны —
Законы подобия . 125
Поправки, учитывающие влияние высоты 127
Стандартные кривые и вычисление параметров ударной волны 128
Предвестник (вспомогательная волна) 140

Стр.

Глава 4. **Нагрузки от воздушной ударной волны и реакция сооружений** 143

Взаимодействие ударной волны с сооружениями
Введение .
Нагрузка от воздушной ударной волны 144
Нагрузка обтекания . 145
Нагрузка торможения . 148
Характеристики сооружений и нагрузки, создаваемые воздушной ударной волной .
Радиусы зон разрушения сооружений. Законы подобия 150
Факторы, влияющие на реакцию сооружения к действию взрыва . . 151
Прочность и масса . —
Особенности конструкции сооружения 152
Пластичность . 153
Разрушения (повреждения) сооружений, вызываемые ударной волной 154
Классификация разрушений (повреждений) —
Разрушения (повреждения) наземных сооружений —
Повреждения легких заглубленных сооружений и сооружений, обсыпанных грунтом . 158
Разрушение (повреждение) наземных транспортных средств . . 162
Повреждение транспортных самолетов в местах их базирования 163
Повреждение судов . 165
Повреждение коммунальных сооружений 166
Повреждение лесных массивов —
Повреждение резервуаров для хранения жидкого топлива . . . 167
Зависимость степени повреждений от расстояния 169
Взаимодействие объектов с воздушной ударной волной 175
Возникновение нагрузки от ударной волны —
Влияние размеров объекта на величину нагрузки 178
Влияние формы объекта на величину нагрузки 179
Графики изменения нагрузки во времени —
Замкнутые сооружения прямоугольной формы 180
Частично открытые прямоугольные сооружения 184
Открытые каркасные сооружения 186
Сооружения цилиндрической формы 188

Глава 5. **Разрушения и повреждения сооружений, вызываемые воздушным взрывом** . 192

Введение . —
Здания и их оборудование 194
Жилые здания . —
Двухэтажный дом с деревянным каркасом (испытания 1953 г.) 196
Двухэтажный дом с деревянным каркасом (испытания 1955 г.) 200
Двухэтажный кирпичный дом с несущими стенами 203
Одноэтажный сборный дом с деревянным каркасом 206
Одноэтажный дом из бетонных панелей 207
Одноэтажный дом из армированных бетонных блоков 209

Стр.

Передвижные домики на прицепах 211
Продовольствие . —
Промышленные сооружения 212
Опыт Японии . —
Испытания в штате Невада в 1955 году 217
Постройка со стальным каркасом и алюминиевыми панелями . . —
Бескаркасная постройка со стальными панелями 219
Бескаркасная постройка с панелями из волнистой стали 220
Испытания с целью определить влияние продолжительности фазы сжатия на степень разрушения 222
Резервуары для хранения жидкого топлива 225
Тяжелые станки . 227
Здания коммерческого и административного назначения 230
Введение . —
Многоэтажные здания с железобетонным каркасом —
Многоэтажные здания со стальным каркасом 238
Здания с несущими стенами 239
Мосты . 240
Транспорт . 242
Трамваи и автомобили —
Аварийные машины 245
Железнодорожный подвижной состав 247
Транспортные самолеты на аэродромах 248
Суда . 250
Коммунальные сооружения и средства связи 254
Линии электропередач —
Газовые, водопроводные и канализационные сети 259
Установки для подачи природного и искусственного газа 261
Установки со сжиженным нефтяным газом 262
Оборудование связи 265

Глава 6. **Действие наземных, подземных и подводных взрывов** 268

Характеристика наземного взрыва —
Воздушная ударная волна —
Образование воронки 269
Волна сжатия в грунте 271
Характеристика подземного взрыва —
Воздушная ударная волна —
Образование воронки и волна сжатия 272
Критерии разрушения —
Наземные взрывы . —
Подземные взрывы 273
Характеристики подводного взрыва 274
Ударная волна подводного взрыва —
Повреждения, вызываемые ударной волной в воде 276
Разрушающее действие подводного взрыва (опыт взрыва у атолла Бикини) . 277

Волны при подводном взрыве . . . 278
Изменение дна лагуны 280
Образование воронки при наземном и подземном взрыва 281
Размеры воронки при наземном взрыве
Размеры воронки при подземном взрыве 284
Подземные взрывы на большой глубине 285
Нагрузка на заглубленные в грунт сооружения 287
Давление свободного пространства и защитное действие свода грунтового покрытия —
Нагрузка на прямоугольные сооружения 288
Нагрузка на заглубленные сводчатые и куполообразные сооружения . —
Разрушения (повреждения), возникающие под действием волны сжатия в грунте . 289
Подземные сооружения —
Некоторые вопросы развития подводного взрыва 292
Свойства подводной ударной волны —
Воздушная ударная волна при подводных взрывах 296
Высота волн, образующихся на поверхности воды при подводных взрывах . 298
Образование подводной воронки 301
Повреждения от подводной ударной волны 302
Повреждение судов . —
Повреждение подводных сооружений 303

Глава 7. **Световое излучение и его действие** 304

Излучение огненного шара —
Общие свойства светового излучения —
Ослабление светового излучения 306
Влияние атмосферных условий 307
Влияние дыма и тумана 309
Экранирование . 310
Влияние вида взрыва —
Действие светового излучения 311
Поглощение светового излучения —
Воздействие светового излучения на кожу и глаза 316
Повреждения, наносимые световым излучением тканям, дереву и пластмассам . 317
Величина светового импульса, при котором наблюдается воспламенение различных материалов 320
Зависимость величины светового импульса от расстояния . . . 322
Воздействие светового излучения на различные материалы во время ядерных взрывов в Японии 323
Воспламеняющее действие 328
Возникновение пожаров —
Распространение пожаров 331
Воспламеняющее действие ядерных взрывов, произведенных в Японии 333

Стр.

Ядерный взрыв как источник пожаров 333
Возникновение и распространение пожаров в Японии —
Огненный шторм в Хиросиме 337
Теоретические вопросы распространения и действия светового излучения . 338
Распределение и поглощение энергии, излучаемой огненным шаром —
Энергия светового излучения, испускаемого огненным шаром . . 343
Зависимость энергии светового излучения от расстояния 348

Глава 8. **Начальное ядерное излучение** 355

Природа ядерных излучений —
Нейтроны и гамма-лучи —
Сравнение излучений, образующихся при ядерном взрыве . . . 356
Гамма-лучи . 357
Источники гамма-лучей —
Измерение гамма-излучения 359
Рентген . 361
Зависимость дозы гамма-излучения от расстояния 362
Защита от гамма-лучей 365
Скорость испускания начального гамма-излучения 370
Нейтроны . 371
Источники нейтронов —
Измерение потока нейтронов 374
Зависимость суммарной дозы нейтронов от расстояния 375
Защита от нейтронов 377
Теоретические вопросы, связанные с начальным ядерным излучением 379
Взаимодействие гамма-лучей с веществом —
Коэффициенты поглощения гамма-лучей 381
Массовый коэффициент поглощения 383
Толстые защитные преграды. Коэффициент возрастания 384
Спектр начального гамма-излучения 385
Взаимодействие нейтронов с веществом 386
Энергетический спектр нейтронов 389
Распространение гамма-лучей 391
Распространение нейтронов 394

Глава 9. **Остаточное ядерное излучение и выпадение радиоактивных продуктов взрыва** . 397

Источники остаточного ядерного излучения —
Введение . —
Раннее выпадение 399
Радиоактивность и распад продуктов раннего выпадения 401
Радиоактивность, наведенная нейтронами 413
Уран и плутоний 416
«Чистые» и «грязные» бомбы 417
Распределение радиоактивных продуктов взрыва при раннем выпадении . —

Стр.

Виды заражения 417
Форма и размеры района заражения 419
Район заражения 420
Схемы распределения радиоактивных продуктов взрыва
Прогнозирование контуров района выпадения радиоактивных продуктов взрыва [illegible]
Идеальные схемы выпадения радиоактивных продуктов взрыва . . [illegible]
Ядерные взрывы большой мощности
Применение закона подобия [illegible]
Схема выпадения радиоактивных продуктов с наветренной стороны от эпицентра ядерного взрыва мегатонной мощности . . [illegible]
Ядерные взрывы килотонной мощности [illegible]
Причины неопределенности прогнозирования [illegible]
Выпадение радиоактивных продуктов взрыва с дождем [illegible]
Взрыв большой мощности 1 марта 1954 года [illegible]
Радиоактивное заражение при ядерных взрывах [illegible]
Радиологическая война
Заражение площадей [illegible]
Заражение при подземных взрывах [illegible]
Подводные взрывы [illegible]
Ослабление остаточного ядерного излучения [illegible]
Альфа- и бета-частицы
Гамма-излучение [illegible]
Позднее выпадение радиоактивных продуктов взрыва [illegible]
Введение .
Строение атмосферы [illegible]
Движение радиоактивных продуктов взрыва в атмосфере, выпадение их из тропосферы [illegible]
Выпадение радиоактивных веществ из стратосферы [illegible]
Выпадение радиоактивных веществ в результате испытаний ядерного оружия . [illegible]
Некоторые теоретические вопросы, связанные с остаточным ядерным излучением [illegible]
Скорость распада радиоактивных продуктов взрыва
Интенсивность излучения над поверхностью района радиоактивного заражения [illegible]
Скорость падения частиц [illegible]
Прогнозирование траектории движения частиц при их раннем выпадении . [illegible]

Глава 10. **Воздействие ядерных взрывов на радиосвязь и радиолокацию** [illegible]

Введение .
Электромагнитный импульс [illegible]
Природа электромагнитного импульса
Характеристика сигнала, образующегося под воздействием комптоновских электронов [illegible]
Механизм смещения поля [illegible]

Стр

Ионизация атмосферы . 487
Влияние ионизации на распространение радиосигналов
Ионизация в нормальной атмосфере 488
Ионизация, создаваемая ядерными взрывами 491
Введение . —
Взрывы на высотах менее 16 км —
Взрывы на высотах от 16 до 64 км 492
Взрывы на высотах от 64 до 112 км 491
Взрывы на высотах более 112 км 496
Протекание ионизации во времени 498
Воздействие ядерных взрывов на радио- и радиолокационные сигналы 501
Введение . —
Диапазон сверхдлинных волн —
Диапазоны длинных и средних волн 502
Диапазон коротких волн 503
Распространение метровых волн 505
Распространение дециметровых и сантиметровых волн 506
Воздействие ядерных взрывов на работу радиолокационных систем . 507
Воздействие наземных и подземных взрывов на распространение радиоволн . 510
Расчет воздействия ядерных взрывов на работу радио- и радиолокационных средств . 511
Плотность атмосферы и высота —
Затухание сигнала . 512
Плотность электронов, обусловленная начальным излучением . . 513
Скорость поглощения свободных электронов при прилипании их к нейтральным частицам или рекомбинации 517
Плотность электронов, образовавшихся под действием запаздывающего излучения . 519
Затухание сигналов 521
Преломление радиоволн 523

Глава 11. Действие ядерного взрыва на людей 525
Введение . —
Виды поражений . —
Потери в Японии . 527
Причины смертных случаев 529
Причины поражений среди оставшихся в живых 531
Поражения ударной волной 532
Поражения от непосредственного воздействия ударной волны: биологические факторы —
Поражения от непосредственного воздействия ударной волны: физические факторы . 534
Поражения, косвенно связанные с действием ударной волны . . . 536
Скорость движения летящих обломков 537
Критерии поражения под действием летящих предметов и при перемещении тела . 538

Стр

Ожоги . 542
Классификация ожогов —
Ожоги пламенем и световым излучением в Японии 543
Действие светового излучения ядерных взрывов, произведенных над японскими городами —
Общая характеристика ожогов световым излучением 546
Влияние интенсивности светового излучения и дальности от эпицентра взрыва на тяжесть ожога 548
Действие светового излучения на глаза 550
Поражения от воздействия ядерного излучения 554
Введение . —
Единицы дозы излучения 555
Определение дозы нейтронного излучения 557
Доза поглощенного излучения ядерных взрывов 558
Ионизирующее (фоновое) излучение 560
Концентрация радиоактивности и нормы защиты от ядерных излучений . 562
Общее действие радиоактивного излучения 563
Действие острых доз излучения 564
Характеристика острой лучевой болезни при облучении всего тела 569
Поражающее действие излучения в дозах 25—100 бэр (заболевания нет) . —
Поражающее действие излучения в дозах 100—200 бэр (заболевания нет или легкая форма заболевания) —
Поражающее действие излучения в дозах 200—1000 бэр (заболевание не всегда приводит к смерти) 570
Поражающее действие дозы излучения свыше 1000 бэр (летальная доза) . 571
Влияние излучения на клетки крови 572
Отдаленные последствия радиоактивного облучения 574
Введение . —
Катаракты . 575
Сокращение срока жизни под действием облучения —
Лейкемия . 576
Образование неоплазм 577
Задержка в развитии детей —
Действие излучений при ранних выпадениях продуктов взрыва . . . 578
Опасность внешних источников излучения (ожоги под действием бета-частиц) . —
Внутренние источники излучения 582
Отдаленные последствия воздействия излучения радиоактивных веществ при позднем выпадении продуктов взрыва 587
Цезий-137 . —
Стронций-90 . 588
Углерод-14 и другие радиоактивные изотопы 592
Генетическое действие ядерных излучений 594

Стр.

Спонтанные и наведенные мутации 594
Мутация и доза излучения 596
Патология острой лучевой болезни 597
Чувствительность клеток —
Лимфоидная ткань . 598
Костный мозг . —
Органы размножения . 599
Выпадение волос . 600
Желудочно-кишечный тракт —
Кровотечение и инфекция —

Глава 12. **Принципы противоатомной защиты** 602

Основы противоатомной защиты —
Введение . —
Мгновенное и замедленное действие поражающих факторов ядерного взрыва . 603
Расстояния, на которых проявляется мгновенное действие поражающих факторов ядерного взрыва —
Зона эффективной защиты 605
Относительное значение поражающих факторов ядерного взрыва и факторов времени 607
Поражающее действие ударной волны 613
Действие на сооружения —
Действие на людей . 618
Конструкция сооружений, обеспечивающих защиту от действия ядерного взрыва . 619
Действие светового излучения 621
Действие на людей . —
Мероприятия по защите 622
Противопожарная защита 624
Начальное ядерное излучение 626
Действие на людей . —
Защита от действия начального ядерного излучения 627
Остаточное ядерное излучение 628
Поражения, вызываемые в результате выпадения радиоактивных продуктов взрыва . —
Наведенная радиоактивность 629
Мероприятия по защите 630
Радиационная разведка 633
Дозы излучения и время пребывания в зараженных зонах . . . 634
Продовольствие и питьевая вода 638
Дезактивация . 639
Выводы . 641
Планирование мероприятий по противоатомной защите —
Заключение . 643

Приложение А. **Обеспечение безопасности обращения с ядерными боеприпасами** . 644

Стр.

Введение . 644
Пожар и взрыв . 645
Делящиеся материалы . 647
Тритий . 648
Продукты деления .
Меры защиты . 649

Приложение Б. **Обнаружение ядерных взрывов** 651

Введение .
Наземные средства обнаружения ядерных взрывов 653
Обнаружение радиоактивных продуктов взрыва
Рассеяние света взвешенными в воздухе продуктами взрыва . . 654
Звуковые волны . 655
Сейсмические волны . 656
Электромагнитный сигнал (радиосигнал) 661
Видимый свет и флуоресценция —
Радиолокационная станция обратного рассеяния 662
Поглощение космических шумов —
Аномалия распространения волн весьма низкой частоты 663
Измерения при помощи ионозонда —
Возмущение магнитного и электрического полей Земли 664
Измерение непосредственного излучения при помощи приборов, установленных на искусственных спутниках Земли —
Введение . —
Мягкие рентгеновские лучи 665
Гамма-лучи . —
Нейтроны . 666
Бета-частицы . —
Выводы . 667
Расчетные дальности обнаружения произведенных в космосе ядерных взрывов мощностью в 1 мегатонну —
Способы обнаружения наземными средствами —
Способы обнаружения при помощи искусственных спутников Земли 668

ДЕЙСТВИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ
М., Воениздат, 1965. 680с.

Редакторы *Соминский Е. М.*, *Телятников Б. М.*

Технический редактор *Зудина М. П.* Корректор *Штынова С. Н.*

Сдано в набор 28.11.64 Подписано к печати 2.4.65 г.
Формат бумаги $60\times90^1/_{16}$ — $42^1/_2$ печ. л. = 42,5 усл. печ. л. 43,749 уч.-изд. л.
Тираж 11 000 ТП-65 г. № 188.
Изд. № 10/7075 *Цена 2 руб. 34 коп.* Зак. № 1530

2-я типография Военного издательства Министерства обороны СССР
Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10

Ядерный взрыв в космосе, на Земле и под Землей

234 pp + index/contents at back.

№ 2044

ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ В КОСМОСЕ, НА ЗЕМЛЕ И ПОД ЗЕМЛЕЙ

(Электромагнитный импульс ядерного взрыва)

СБОРНИК СТАТЕЙ

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО ПЕТРЕНКО О. К.
СОСТАВИТЕЛЬ И РЕДАКТОР КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
ДАВЫДОВ С. Л.

Ордена Трудового Красного Знамени
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
МОСКВА—1974

530.4
Я 34

Я 34 **Ядерный** взрыв в космосе, на земле и под землей. (Электромагнитный импульс ядерного взрыва). Сб. статей. Пер. с англ. О. Петренко под ред. С. Давыдова. М., Воениздат, 1974.

235 с.

Публикуемые в сборнике статьи посвящены рассмотрению электромагнитных полей, возникающих вблизи центра ядерного взрыва (электромагнитного импульса — ЭМИ).

Авторы статей раскрывают природу ЭМИ и приводят его основные параметры, рассматривают его поражающие факторы и средства защиты от них.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов, изучающих физические явления, сопровождающие ядерные взрывы в космосе, на земле и под землей. В научном плане сборник интересен для специалистов, работающих в области теории электрических полей.

530.4

Я $\frac{1124\text{-}092}{068(02)\text{-}74}$ 99-74

© перевод на русский язык, Воениздат, 1974.

М. Уман, Д. Сикорд,
Дж. Прайс, Е. Пайерс

МОЛНИЯ, ИНДУЦИРУЕМАЯ ТЕРМОЯДЕРНЫМИ ВЗРЫВАМИ [1]

Наиболее общей причиной возникновения молнийных разрядов является разделение электрических зарядов внутри грозовых облаков. Вместе с тем разделение электрических зарядов и молния могут возникать и без облаков, как, например, при песчаных бурях и в продуктах извержения некоторых действующих вулканов.

31 октября 1952 г. Комиссия по атомной энергии США осуществила наземный взрыв экспериментального термоядерного устройства (взрыв «Майк» операции «Айви») на атолле Эниветок в группе Маршалловых островов. Взрыв с тротиловым эквивалентом 10,4 Мт вызвал по крайней мере пять молнийных вспышек, каждая из которых развивалась вверх от уровня земли (или моря) и наблюдалась до тех пор, пока не была закрыта слоем облаков. Молнийные вспышки возникали и при других наземных взрывах с большими тротиловыми эквивалентами, которые проводились в Тихом океане, хотя, насколько известно, молнийные разряды не были зарегистрированы ни при высотных взрывах в Тихом океане, ни при взрывах в Неваде. В статье описываются молнийные разряды, сопровождавшие взрыв «Майк». Кроме того, обсуждается вероятный механизм создания необходимых для возбуждения молний электрических зарядов и электрических полей, возникающих за счет гамма-излучения, но полностью справедливость рассматриваемого механизма не установлена.

Наблюдения

Взрыв был произведен на рассвете. Устройство помещалось в большом наземном помещении на острове Элугелаб в северной части атолла Эниветок, который расположен в зоне пассатов, и

[1] M. A. Uman, D. F. Seacord, G. H. Price and E. T. Pierce. Lightning induced by Thermonuclear detonations. „Journal of Geophysical Research". Vol. 77, No 9, March 20, 1972, pp. 1591—1596.

метеорологические условия на нем типичны для тропиков. Ветер в приземном слое до высоты 600 м имел направление 110° и скорость 12—15 узлов. Нижняя кромка рассеянных пассатных кучевых облаков (которые покрывали около 50% неба) находилась на высоте 600 м, а верхняя — в пределах 900—1200 м.

Контрольно-регистрирующие пункты, оснащенные антеннами для связи и другими вертикальными конструкциями, находились на различном удалении с одной и другой стороны от взрыва. Пункты размещались вдоль прямой линии, пересекавшей центр

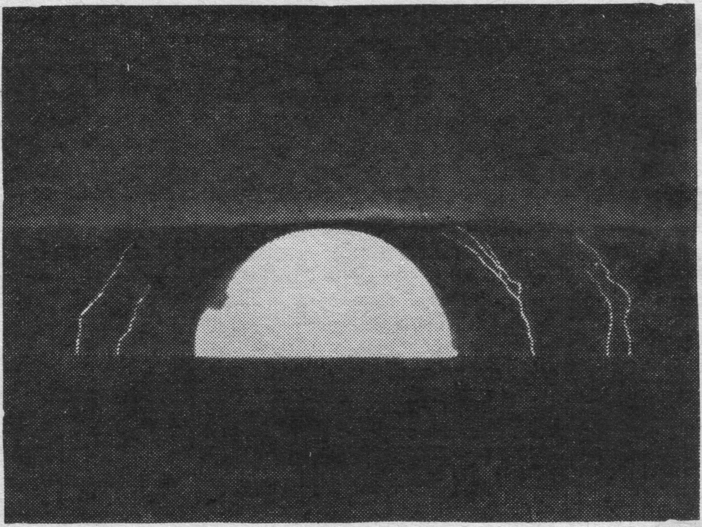


Рис. 1. Молния, вызванная наземным термоядерным взрывом. Пять молнийных каналов для лучшего репродуцирования обведены типографской краской

взрыва. Фотография, которая анализируется в статье, получена на острове Перри на удалении 34,7 км от центра взрыва. Направление с острова Перри на центр было почти перпендикулярно линии, проходящей через пункты регистрации. Съемка производилась с частотой 2000 кадров в секунду при времени экспозиции 100 мкс на кадр. Использовалась 16-мм камера *Eastman Hi-Speed*, нацеленная под углом 1°10′ выше центра взрыва. Был установлен объектив *Ektar* с фокусным расстоянием 101,6 мм, в результате чего изображения на 16-мм кадре при удалении 34,7 км получались в масштабе 341 м/мм. Применялся светофильтр *Wratten* 12 и кинопленка со специально разработанной для фотографирования ядерного взрыва эмульсией.

На рис. 1 представлен увеличенный 72-ой кадр высокоскоростного фильма. На кадре видны пять молнийных вспышек. Все они

изогнуты в сторону огненного шара и располагаются концентрически вокруг светящейся поверхности. Три вспышки с правой стороны фотографии берут начало в точках, находившихся на удалении 900, 1280 и 1380 м от центра взрыва; две вспышки с левой стороны начинаются в точках на удалении 900 и 1100 м от центра. Все пять дистанций соответствуют местам размещения контрольно-регистрирующих пунктов. Некоторые вспышки имеют яркое пятно у основания, указывающее, вероятно, начальную точку их зарождения.

Ближайшая к огненному шару вспышка (R_1) в правой части фотографии достаточно яркая, что позволяет определить ее характеристики. Чертеж, выполненный по шести кадрам фильма (рис. 2),

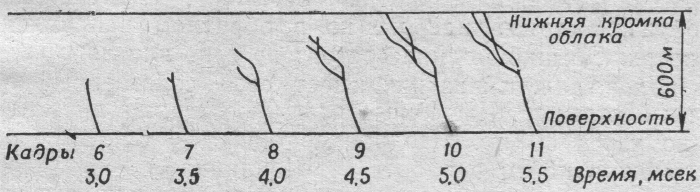


Рис. 2. Развитие в вертикальном направлении молнийного разряда с правой стороны огненного шара (рис. 1). Чертеж выполнен по шести кадрам высокоскоростной съемки развития взрыва

позволяет проследить рост вспышки R_1 в вертикальном направлении. Вспышка R_1 впервые появляется в фильме на 3-ей мс после начала взрыва, когда ее вершина уже достигла высоты 250 м. Спустя половину миллисекунды след вспышки R_1 начинает ветвиться. Обе ветви продолжают расти вверх, создавая дополнительные ветви. На 5-ой мс наивысшая точка ветви R_1 достигает видимой границы облаков. Скорость развития R_1 в вертикальном направлении в промежутке времени 3—5 мс составляет от $1 \cdot 10^5$ до $2 \cdot 10^5$ м/с. Если предположить, что R_1 возникает в нулевой момент (момент начала взрыва), скорость в вертикальном направлении в период времени между нулем и 3 мс составит около $1 \cdot 10^5$ м/с. Вспышка R_1 наблюдалась в течение примерно 75 мс (152-ой кадр). По достижении кромки облаков и максимальной яркости свечение R_1 уменьшается с течением времени.

Характеристики четырех других вспышек, видимо, подобны характеристикам R_1. Скорости развития в вертикальном направлении почти такие же, по крайней мере в той части, где они могут быть измерены, но время существования четырех вспышек несколько короче, а зависимость яркости вспышки от времени в сущности та же самая.

Если рассматривать высокоскоростной фильм, то выявятся интересные явления, происходящие в поздние моменты времени. Когда растущий огненный шар достигает мест нахождения неви-

П. Молмуд,
Д. Арнуш

ИСПЫТАНИЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ДЕЙСТВИЮ ЭМИ [1]

Подземные командные пункты и ракетные стартовые комплексы защищены от воздействия избыточного давления ударной волны, создаваемого взрывами ядерного оружия. Они должны быть защищены также и от действия ЭМИ ядерного взрыва. Сильные электрические и магнитные поля, возникающие при ядерных взрывах, могут повредить незащищенные электрические цепи и нарушить работу неэкранированного высокочувствительного оборудования.

Первопричиной ЭМИ является радиально исходящий из точки взрыва поток гамма-квантов, которые, взаимодействуя с электронами атмосферы, образуют радиальный поток комптоновских электронов. Этот радиальный ток растекается в пространстве несимметрично. Симметрия не получается из-за присутствия поверхности Земли, асимметрии конструкции бомбы и из-за наличия магнитного поля Земли. За счет асимметрии ток комптоновских электронов излучает электромагнитную энергию. Движение комптоновских электронов сопровождается разделением электрических зарядов, что приводит к появлению электрического поля. Так как комптоновские электроны ионизируют воздух, он становится электропроводящим и содержащиеся в нем электроны проводимости ослабляют электрическое поле, создавая ток проводимости, противоположный току комптоновских электронов. Совокупность этих токов, представляющая собой источник ЭМИ, охватывает область радиусом около одного километра или несколько больше, так как средняя длина свободного пробега гамма-квантов на уровне моря [2]

[1] Paul Molmud, Donald Arnush. Site testing for EMP (electromagnetic pulse) hardness. „JEEE transactions on aerospace and electronic systems“. Vol. AES-2, No 4, July 1966, pp. 455—460.

[2] А. С. Компанеец. Радиоизлучение атомного взрыва. «Журнал экспериментальной и теоретической физики», т. 35, вып. 6 (12), 1958. — *Прим. ред.*

М. Джонсон,
Б. Липпман

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СИГНАЛЫ КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ [1]

Хорошо известно, что ядерный взрыв в атмосфере порождает электромагнитные сигналы, имеющие заметную величину. Такие сигналы являются следствием асимметричного распространения гамма- и рентгеновского излучений в атмосфере. Необходимая для этого асимметрия распространения при взрывах на малых высотах создается присутствием поверхности Земли, при взрывах же на большой высоте определяющую роль играет быстрое изменение плотности атмосферы с высотой. Теперь возникает следующий вопрос: «Можно ли ожидать возникновения электромагнитного сигнала при взрыве в космическом пространстве, где окружающая взрыв среда обладает сферической симметрией и однородна?» Здесь длина свободного пробега рентгеновских лучей практически ничем не ограничивается. Они распространяются на очень большие расстояния от центра взрыва, сообщая электронам среды дополнительное количество движения. При соответствующих условиях возникающий таким образом ток поляризации может излучать электромагнитную энергию. Целью дальнейшего изложения является выяснение условий, при которых возможно излучение, а также определение величины ожидаемого сигнала.

Рассмотрим рентгеновское излучение, создаваемое ядерным взрывом в космическом пространстве [2]. Предположим, что поток рентгеновских лучей испускается в виде прямоугольного импульса, имеющего ширину $\sim 10^{-7}$ с. Будем также считать, что модель среды, окружающей центр взрыва, содержит 10^3 ионизированных атомов водорода в 1 $см^3$.

В связи с тем что среда, окружающая центр взрыва, сферически симметрична [3], возможны два случая: а) если рентгеновские

[1] Montgomery H. Johnson and Bernard A. Lippman. Electromagnetic signals from nuclear explosions in outer space. „The Physical review", Second series, vol. 119, No 3, August 1, 1960, pp. 827—828.

[2] Приводимые ниже рассуждения справедливы также применительно и к гамма-излучению ядерного взрыва, но мы ограничиваемся рассмотрением рентгеновского излучения, так как оно уносит во много раз больше энергии, чем гамма-излучение.— *Прим. авт.*

[3] Учет неоднородностей, вызываемых вспышками на Солнце или другими возмущениями, потребовал бы, очевидно, изменения всего дальнейшего порядка рассмотрения. — *Прим. авт.*

Р. Лэттер,
Р. Гербст,
К. Уотсон

ОБНАРУЖЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ[1]

Ядерный взрыв, произведенный в воздухе, вызывает появление сильного электромагнитного сигнала. Этот сигнал возникает в результате нескольких процессов. Наиболее важным является образование электронов отдачи, происходящее в результате комптон-эффекта, сопровождающего рассеяние гамма-квантов взрыва[2].

Ток, создаваемый комптоновскими электронами на расстоянии R от места взрыва:

$$J \approx -\frac{eL\mu}{\tau} N \frac{e^{-\mu R}}{4\pi R^2} \bar{e}_r \quad \text{при} \quad \frac{R}{c} \leqslant t \leqslant \frac{R}{c} + \tau, \tag{1}$$

$$J \approx 0 \text{ — вне указанных пределов времени,}$$

где N — полное число гамма-квантов, испускаемых при ядерном взрыве; τ — продолжительность импульса гамма-излучения; μ — коэффициент поглощения гамма-квантов в воздухе; L — пробег комптоновских электронов. Каждый комптоновский электрон[3] ионизирует воздух, создавая при этом большое число пар ионов ($p \approx 3 \cdot 10^4$ при энергии гамма-кванта около 2 Мэв). Электроны этих пар прилипают к молекулам O_2 и образуют ионы O_2^-, этот процесс идет со скоростью $\alpha \approx 10^8$ с$^{-1}$. При установившемся равновесии плотность свободных электронов составляет

$$n = \frac{p\mu}{\alpha\tau} N \frac{e^{-\mu R}}{4\pi R^2}. \tag{2}$$

Электронная проводимость ионизированного воздуха

$$\sigma = t_c (ne^2/2m), \tag{3}$$

где t_c — время между столкновениями, равное примерно $3 \cdot 10^{-12}$ с.

[1] R. Latter, R. F. Herbst, K. M. Watson. Detection of nuclear explosions. „Annual review of nuclear science", No 11, 1961, pp. 371—375.

[2] В сборник включена лишь небольшая часть статьи, относящаяся к обнаружению атмосферных ядерных взрывов по электромагнитным сигналам.— *Прим. ред.*

[3] Авторы делают ссылку, в частности, на статью А. С. Компанейца «Радиоизлучение атомного взрыва». ЖЭТФ, т. 35, вып. 6(12), 1958.— *Прим. ред.*

У. Карзас,
Р. Лэттер

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА [1]

В ходе обсуждения технических вопросов обнаружения ядерных взрывов на Женевской конференции о запрещении ядерных испытаний [2] были высказаны соображения о том, что космический ядерный взрыв может излучать высокочастотный радиосигнал. Был рассмотрен ряд механизмов возникновения такого сигнала, но его величина и спектр в то время находились в сфере догадок. Совсем недавно Джонсон и Липпман [3] количественно оценили один из механизмов, по которому образование сигнала является следствием несимметричного испускания рентгеновского излучения при взрыве, что приводит к несимметричному ускорению окружающих электрических зарядов в разреженной среде вокруг центра взрыва. Наибольшее расстояние, на котором обнаруживается сигнал, по оценкам авторов, составляет около нескольких десятков тысяч километров при энергии импульса рентгеновского излучения, равной энергии взрыва одной мегатонны взрывчатого вещества; спектр частот сигнала не превышает 10 Мгц.

В настоящем обсуждении [4] расчеты строятся на использовании иного механизма. Основу механизма составляет не рентгеновское, а гамма-излучение, поэтому сигнал получается большей величины и содержит более высокие частоты. В статье приводятся расчеты электромагнитного сигнала и обсуждается возможность его обнаружения.

Основные соображения

В процессе развития ядерного взрыва гамма-излучение образуется как непосредственно в результате деления, так и за счет неупругого рассеяния нейтронов в материалах ядерного устрой-

[1] W. J. Karzas and R. Latter. Electromagnetic radiation from a nuclear explosion in space. „The Physical review", vol. 126, No 6, June 15, 1962, pp 1919—1926.

[2] Совещание экспертов по изучению методов обнаружения нарушений возможного соглашения о приостановке ядерных испытаний. См. «К переговорам о прекращении испытаний ядерного оружия» (документы). [Вкладка в № 36 журнала «Новое время» от 5 сентября 1958 г.]. — *Прим. ред.*

[3] См. статью в настоящем сборнике. — *Прим. ред.*

[4] Этот механизм рассматривался О. Лейпунским на Женевской конференции экспертов в 1958 г. (не опубликовано).— *Прим. авт.*

У. Карзас,
Р. Лэттер

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СИГНАЛ, ВОЗНИКАЮЩИЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ С МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ЗЕМЛИ[1]

Введение

Геофизические наблюдения возмущения электрических токов Земли позволили предположить, что при ядерных взрывах возникают электромагнитные явления, происхождение которых связано с наличием окружающего центр взрыва геомагнитного поля. В первоначальных исследованиях возможных механизмов электромагнитного излучения ядерных взрывов влияние геомагнитного поля не учитывалось[2]. Влияние магнитного поля принималось во внимание только применительно к взрывам, производимым на больших высотах[3]. В настоящей статье рассматриваются электромагнитные явления, сопровождающие ядерные взрывы в атмосфере на таких высотах, на которых необходимо учитывать процессы, происходящие в воздухе, окружающем центр взрыва.

Во второй части статьи описываются эффекты, происходящие при взаимодействии комптоновских электронов отдачи, образованных в воздухе гамма-излучением взрыва, с полем Земли. В третьей части рассматривается гидродинамическое взаимодействие с полем Земли.

Взаимодействие комптоновского тока с магнитным полем Земли

«Мгновенное» гамма-излучение, испускаемое при ядерном взрыве, образует в воздухе, окружающем центр взрыва, комптоновские электроны отдачи. Комптоновские электроны разлетаются

[1] W. J. Karzas and R. Latter. The electromagnetic signal due to the interaction of nuclear explosions with Earth's magnetic field. „Journal of Geophysical Research", vol. 67, No 12, Nov. 1962, pp. 4635—4640.

[2] А. С. Компанеец. Радиоизлучение атомного взрыва. ЖЭТФ, т. 35, вып. 6 (12), 1958; Карзас и Лэттер (см. предыдущую статью сборника).— *Прим. ред.*

[3] О. И. Лейпунский. ЖЭТФ, т. 38, 1960, стр. 308.— *Прим. авт.*

У. Карзас,
Р. Лэттер

ОБНАРУЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ [1]

Введение

В своей прежней работе [2] авторы рассматривали вопрос обнаружения электромагнитного излучения ядерного взрыва в космосе, вызванного комптоновскими электронами отдачи, создаваемыми при рассеянии гамма-квантов в веществе ядерного устройства или в веществе внешнего экрана (так называемый «сигнал оболочки»). Было высчитано, что на расстоянии R км от места взрыва максимальная напряженность электрического поля «сигнала оболочки» составляет $10^4 R^{-3/2}$ в/м. Наибольшая дальность обнаружения его по расчетам достигает 10^6 км независимо от энергии взрыва.

Авторы рассмотрели также другой механизм генерирования электромагнитного излучения ядерных взрывов, который может оказаться пригодным для целей обнаружения. Этот механизм основан на взаимодействии электрических токов, вызванных ядерным взрывом, с геомагнитным полем. Теория этого механизма разрабатывалась применительно к взрывам в пределах земной атмосферы. Однако было отмечено, что этот же самый механизм геомагнитного взаимодействия применим и к взрывам на больших высотах, где он может привести к образованию достаточно интенсивных с точки зрения обнаружения электромагнитных сигналов на больших расстояниях от точки взрыва. В настоящей статье эта теория механизма геомагнитного взаимодействия применяется для вычисления напряженности поля у поверхности Земли при ядерных взрывах на весьма больших удалениях, представляющих интерес для проблемы обнаружения взрывов. Будет показано, что этот сигнал может быть обнаружен на расстояниях, существенно больших, чем обнаруживается «сигнал оболочки».

[1] W. J. Karzas and R. Latter. Detection of the electromagnetic radiation from nuclear explosions in space. „Physical Review“, vol. 137, № 5B, March 1965, pp. B1369—B1378.

[2] См. предыдущие статьи в данном сборнике и сноску на стр. 82.— *Прим. ред.*

тельно небольшой областью около точки наблюдения, эту геометрию можно упростить, допустив, что геомагнитное поле однородно (рис. 6). Примем сферическую систему координат. Начало коор-

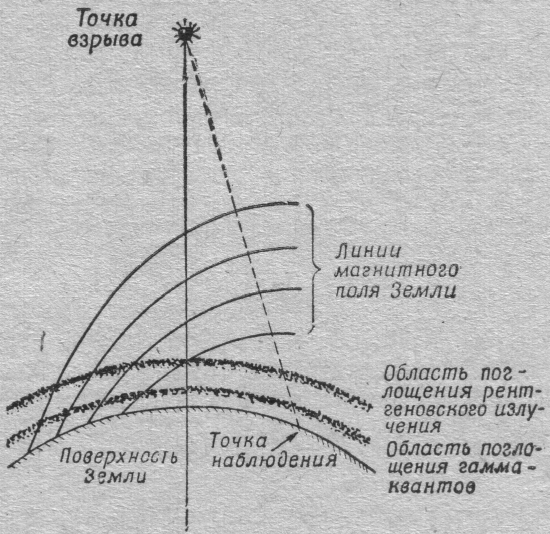


Рис. 5. Геометрия взрыва



Рис. 6. Упрощенная геометрия взрыва

динат поместим в точке взрыва, а полярную ось совместим с направлением геомагнитного поля, предшествовавшим появлению тока.

и

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial B_r}{\partial \tau}\right)-\frac{2\pi}{r\sin\theta}\frac{\partial(\sin\theta\, j_\varphi)}{\partial\theta}\approx 0, \tag{39}$$

где из уравнения (28) $\rho\approx(1/c)\,j_r$. τ = t − (r/c).

Интегрируя эти уравнения, получим окончательно приближенные выражения [1]: FROM MAXWELL'S EQUATIONS:—

Solutions of Conrad Longmire (1964)

$$\partial E_r/\partial\tau + 4\pi j_r = 0; \tag{40}$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rE_\theta)+\frac{2\pi}{c}j_\theta=0; \tag{41}$$

← KEY!

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rE_\varphi)+\frac{2\pi}{c}j_\varphi=0 \tag{42}$$

с соответствующими результатами для магнитного поля. Первое уравнение (40) известно; оно относится к радиальному электрическому полю. Мы не будем касаться этой неизлучающей составляющей, рассмотрим только распространяющиеся поперечные поля.

Напомним, что плотность тока $\bar{j}$ должна включать вторичные токи в плазме, а также токи первичных электронов, т. е.

$$\bar{j}=\bar{j}_{pri}+\bar{j}_{sec}. \tag{43}$$

Для определения $\bar{j}_{sec}$ воспользуемся моделью Лоренца. Допустим, что электроны плазмы образуются в состоянии покоя и что их движение определяется только местным электрическим полем и их соударениями с воздухом. Таким образом, если $\bar{x}(t)$ есть смещение электрона плазмы от своего первоначального положения, которое, как мы допускаем, невелико по сравнению с рассматриваемыми длинами волн, то

$$\ddot{\bar{x}}+\nu_c\dot{\bar{x}}=-(e/m)\bar{E}. \tag{44}$$

Для электронов, созданных в момент t_0, ток $-e\dot{\bar{x}}$ определяется выражением

$$-e\dot{\bar{x}}(t;t_0)=\frac{e^2}{m}\int_{t_0}^{t}dt'e^{-\nu_c(t-t')}\bar{E}(t'). \tag{45}$$

Если $\dot{n}_{sec}(t_0)$ — скорость, с которой образуются электроны, то плотность тока

$$\bar{j}_{sec}(t)=-\int_{-\infty}^{t}dt_0\cdot\dot{n}_{sec}(t_0)\,e\,\dot{\bar{x}}(t;\,t_0), \tag{46}$$

[1] Уравнения, аналогичные уравнениям (41) и (42), но в плоскостной аппроксимации, без учета влияния r были получены Лэнгмайром в 1964 г.— *Прим. авт.*

Is this: footnote about Conrad Longmire 1964 soln

или из уравнения (45)

$$\bar{j}_{sec}(t) = \frac{e^2}{m} \int\limits_{-\infty}^{t} dt' \, e^{-\nu_c (t-t')} \, \overline{E}(t') \, n_{sec}(t'). \tag{47}$$

Очевидно, что если электроны плазмы исчезают с той же скоростью, с какой они создаются, то последнее выражение с учетом $n_{sec}(t)$ будет представлять результирующую плотность электронов.

Таким образом, приходим к следующим результатам для тока плазмы:

$$\bar{j}_{sec}(\bar{r}, t) = \frac{e^2}{m} \int\limits_{-\infty}^{t} dt' e^{-\nu_c(\bar{r})[t-t']} \, \overline{E}(\bar{r}, t') \, n_{sec}(\bar{r}, t'). \tag{48}$$

Если выражение (48) для тока плазмы подставить в уравнение поля, то для E_θ и E_φ получим:

$$\frac{\partial}{\partial r}[rE_\theta(\bar{r}, \tau)] + \frac{2\pi}{c}\frac{e^2}{m} \int\limits_{-\infty}^{\tau} d\tau' rE_\theta(\bar{r}, \tau') \, n_{sec}(\bar{r}, \tau') e^{-\nu_c(\bar{r})(\tau-\tau')} + \frac{2\pi}{c} rj_\theta(\bar{r}, \tau) = 0; \tag{49}$$

$$\frac{\partial}{\partial r}[rE_\varphi(\bar{r}, \tau)] + \frac{2\pi}{c}\frac{e^2}{m} \int\limits_{-\infty}^{\tau} d\tau' rE_\varphi(\bar{r}, \tau') \, n_{sec}(\bar{r}, \tau') \, e^{-\nu_c(\bar{r})(\tau-\tau')} + \frac{2\pi}{c} rj_\varphi(\bar{r}, \tau) = 0. \tag{50}$$

Аналогичные результаты получаются для B_θ и B_φ. В общем виде эти уравнения не решаются вследствие экспоненциальной пространственной зависимости $\nu_c(\bar{r})$. Тем не менее, если $\nu_c(\bar{r})$ велика по сравнению с частотами в выражениях для E и n_{sec}, уравнения упрощаются до вида

$$\frac{\partial}{\partial r}(rE) + \frac{2\pi}{c}\sigma rE + \frac{2\pi}{c} rj = 0, \tag{51}$$

где $E \to E_{\theta, \varphi}$ и $j \to j_{\theta, \varphi}$. Это уравнение легко решается и дает

CURRENT

$$E(\bar{r}, \tau) = -\frac{2\pi}{c}\frac{1}{r} \int\limits_{0}^{r} dr' \, r' j(\bar{r}', \tau) \exp\left(-\frac{2\pi}{c} \int\limits_{r'}^{r} dr'' \sigma(\bar{r}'', \tau)\right), \tag{52}$$

EMP GENERATION — ATTENUATION BY AIR CONDUCTIVITY

где air conductivity, $\sigma(\bar{r}, t) = (e^2/m\nu_c) \, n_{sec}(\bar{r}, t)$. AIR CONDUCTIVITY (53)

В противоположном случае для плазмы без соударений $\nu_c(\overline{r})=0$ уравнения упрощаются до вида

$$\frac{\partial}{\partial r}(rE)+\frac{2\pi e^2}{mc}r\int\limits_{-\infty}^{\tau}d\tau' n_{sec}(\bar{r},\tau')E(\bar{r},\tau')+\frac{2\pi}{c}rj(\bar{r},\tau)=0 \qquad (54)$$

и решаются следующим образом:

$$E(\bar{r},\tau)=-\frac{2\pi}{c}\frac{1}{r}\int\limits_0^r dr'\int\limits_{-\infty}^{\tau}d\tau' r'\frac{\partial j}{\partial\tau}(\bar{r}',\tau')J_0\times$$

$$\times J_0\left[\left(\frac{8\pi e^2}{mc}\int\limits_{\tau'}^{\tau}d\tau''\int\limits_{r'}^{r}dr'' n_{sec}(\bar{r}'',\tau'')\right)^{1/2}\right] \qquad (55)$$

при условии, что $n_{sec}(\overline{r},\tau)$ может быть представлено произведением функции координат на функцию времени[1].

Нетрудно получить аналогичный результат и для магнитного поля. В частности, очевидно, что $B_\varphi=E_\theta$ и $B_\theta=-E_\varphi$.

Следовательно, для того чтобы вычислить поперечное электрическое поле импульса поперечного тока, распространяющегося со скоростью света, складываем все составляющие поля, образующиеся вдоль прямой линии, соединяющей точку взрыва с точкой наблюдения. В проводящей плазме эти составляющие уменьшаются за счет поглощения на пути распространения; в плазме без соударений рассеяние обусловливается самой плазмой.

Обнаружение

Из уравнений (52) и (53) видно, что электромагнитное поле космических ядерных взрывов зависит только от распределения тока и плотности электронов вдоль прямой линии, соединяющей центр взрыва с точкой наблюдения. Однако, так как плотность атмосферы изменяется с высотой по экспоненциальному закону, напряженность электромагнитного поля весьма сильно зависит от того, где в атмосфере возникают электрические токи и образуются области повышенной плотности электронов. Более того, наличие проводимости $\sigma(\overline{r},t)$ в экспоненте уравнения (52) свидетельствует, что на величине сигнала отражается плотность электронов в каждой рассматриваемой точке атмосферы. Все это делает силу наблюдаемого электромагнитного сигнала весьма зависимой от выхода гамма-квантов и рентгеновского излучения при взрыве, от расстояния между центром взрыва и точкой наблюдения, от тем-

[1] Если ν_c независима от координат, то легко показать, что решение уравнений (49) и (50) получается из уравнения (55) путем замены $E(\overline{r},t)$ на $E(\overline{r},t)e^{\nu_c t}$ и заменой $j(\overline{r},t)$ на $j(\overline{r},t)e^{\nu_c t}$. — *Прим. авт.*

пературы взрыва и от угла падения излучений в атмосферу[1]. Более детальное описание электромагнитного поля потребует параметрических исследований, что выходит за рамки настоящей статьи, цель которой — просто показать возможность использования электромагнитного сигнала для обнаружения. Поэтому укажем только приблизительно порядок напряженности электромагнитного поля для типичных условий взрыва, а затем определим примерно предельное расстояние обнаружения.

Сначала рассмотрим взрыв, который не слишком удален от поверхности Земли, температура которого составляет около 1 кэв и при котором радиация приходит в атмосферу почти перпендикулярно поверхности Земли. Эти условия означают, что ионизация, вызываемая в атмосфере рентгеновским и гамма-излучением, столь высока, что в областях, представляющих интерес, ν_c велика[2] и можно применять приближенное уравнение (52); более того,

$$\frac{2\pi}{c}\int_0^r dr'\sigma(r', \tau) \gtrsim 1. \qquad (56)$$

Это условие означает, что по рентгеновскому излучению взрыв с тротиловым эквивалентом 1 кт произведен на высоте нескольких десятков тысяч километров от поверхности Земли, а по гамма-излучению — на высоте нескольких сот километров.

Чтобы вычислить напряженность поля излучения, сначала упростим уравнение (52). Отметим, что величина r' в подынтегральном выражении уравнения (52) может быть заменена r, расстоянием до точки наблюдения, так что интересующие нас токи заключены в тонком слое атмосферы вблизи точки наблюдения. Таким образом,

Compton generator ⟹ air conducting ATTENUATION!

$$E_{\theta,\varphi}(r, \tau) \approx -\frac{2\pi}{c}\int_0^r dr' j_{\theta,\varphi}(r', \tau)\exp\left(-\frac{2\pi}{c}\int_{r'}^r dr''\sigma(r'', \tau)\right). \qquad (57)$$

Теперь отметим, что для r', достаточно близком к r, справедливо

$$\frac{2\pi}{c}\int_{r'}^r dr''\sigma(r'', \tau) \approx 0 \text{ и } j(r', \tau) \approx 0, \qquad (58)$$

поскольку гамма- и рентгеновское излучение быстро поглощается атмосферой ниже некоторой малой высоты. Так как r' уменьшает-

[1] Здесь эффекты, возникающие вследствие влияния ионосферы, не имеют значения, так как токи, которые создают электромагнитный сигнал, возникают ниже ионосферы. — *Прим. авт.*

[2] Для низких давлений, сильных электрических полей и энергии порядка электрон-вольт частота соударений электронов в воздухе почти не зависит от E-поля и имеет величину $\nu_c = 4\cdot 10^{12}\ \rho/\rho_0\ \text{с}^{-1}$. — *Прим. авт.*

ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА СССР

ЭТО ДОЛЖЕН ЗНАТЬ И УМЕТЬ КАЖДЫЙ

ПАМЯТКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

(Издание пятое, исправленное)

Москва
Военное издательство
1983

ББК 68.69
Э92
УДК 355.585 (041)

Э92 Это должен знать и уметь каждый: Памятка для населения. — 5-е изд., испр. — М.: Воениздат, 1983. — 64 с, ил.— (Гражданская оборона СССР).

05 к.

В Памятке рассматриваются средства и способы защиты населения от оружия массового поражения, даются рекомендации по действиям при угрозе нападения и по сигналам оповещения граждан» ской обороны, а также в очаге поражения и в районах стихийных бедствий.

Брошюра рассчитана на массового читателя и является основным пособием для самостоятельного изучения населением вопросов гражданской обороны.

1304070000-241 / 068(02)-83 ББК 68 69 / 355.77

8ТО ДОЛЖЕН ЗНАТЬ И УМЕТЬ КАЖДЫЙ

Редактор В. *И. Королев*
Технический редактор *Н. Я. Богданова*
Корректор Г. *А. Голубева*

ИБ № 2425

Подписано в печать с матриц 29.09.83.
Г-62837. Формат 84Х108/12. Бумага тип. № 2. Гарн. литер.
Печать высокая. Печ. л. 2. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр. отт. 3,57.
Уч.-изд. л. 3,25. Изд. № 14/303
Зак. 413. Цена 5 к.
Тираж 500 000 экз. 2-й завод 250 000 экз).

Воениздат, 103160. Москва, К-160
1-я типография Воениздата
103006, Москва, К-6, проезд Скворцова-Степанова, дом 3

© Воениздат, 1980
© Воениздат, 1981

Глава I

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ-ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

Несмотря на успехи стран социалистического содружества в борьбе за мир и усилия всего прогрессивного человечества, открывающие реальную возможность исключить мировую войну из жизни общества, угроза ее возникновения продолжает оставаться. В Программе КПСС отмечается, что империалистический лагерь готовит самое страшное преступление против человечества — мировую термоядерную войну, которая может причинить невиданные разрушения, истребить целые народы. В Отчетном докладе ЦК КПСС XXVI съезду партии сказано: «Положение усугубляется тем, что политика агрессивных империалистических сил уже привела к значительному росту международной напряженности со всеми вытекающими отсюда опасными последствиями».

Проблема защиты населения страны от современных средств поражения противника может быть успешно решена лишь совместными усилиями Вооруженных Сил, гражданской обороны и всего народа. Для гражданской обороны решение этой проблемы — главная, основная задача. Осуществляется она путем заблаговременного выполнения ряда мероприятий, к которым прежде всего относятся:

— накопление фонда защитных сооружений для укрытия населения;

— обеспечение населения средствами индивидуальной защиты и организация изготовления простейших средств защиты самим населением; *

— эвакуация населения из крупных городов и прилегающих к ним населенных пунктов, которые могут попасть в зону возможных сильных разрушений или катастрофического затопления;

— организация оповещения населения об угрозе нападения противника с воздуха, о радиоактивном, химическом и бактериологическом заражении, стихийных бедствиях;

— обучение населения защите от оружия массового поражения, **а** также ведению спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ.

В нашей стране обучение гражданской обороне является всеобщим и обязательным для всех граждан страны от 8 лет и старше.

Каждый советский гражданин в случае ракетно-ядерного нападения противника должен уметь защитить себя и свою семью, оказать помощь пострадавшим. Поэтому необходимо еще в мирное время изучить средства и способы защиты от оружия массового поражения и уметь применять их на практике.

Добросовестное выполнение обязанностей по гражданской обороне — патриотический долг всех граждан СССР, важнейшее условие защиты населения от оружия массового поражения.

Современные средства поражения армий капиталистических государств

К современным средствам поражения относится ядерное, химическое и бактериологическое (биологическое)* оружие. Для его доставки к целям используются ракеты различных типов, самолеты, подводные лодки, надводные корабли, а также артиллерия.

Ядерное оружие — самое мощное по своим поражающим свойствам. В зависимости от характера целей могут применяться высотные, воздушные, наземные, подземные, надводные и подводные ядерные взрывы (рис. 1).

Поражающими факторами ядерного взрыва (рис. 2) являются: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение.

Ударная волна — мощный поражающий фактор ядерного взрыва. Она вызывает различные по характеру и тяжести поражения людей и животных, разрушает здания, сооружения. С удалением от центра (эпицентра) взрыва ее разрушительная сила ослабевает.

От воздействия ударной волны защищают убежища, в большой степени ослабляют ее воздействие укрытия. На значительном расстоянии от места взрыва защитой могут служить складки местности и местные предметы.

Световое излучение представляет собой поток лучистой энергии, исходящий из светящейся области

* Конвенции о запрещении применения химического и бактериологического (биологического) оружия подписаны правительствами не всех капиталистических государств.

ядерного взрыва, и включает видимые, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Оно вызывает ожоги кожи и поражение глаз у незащищенных людей и животных, массовые пожары.

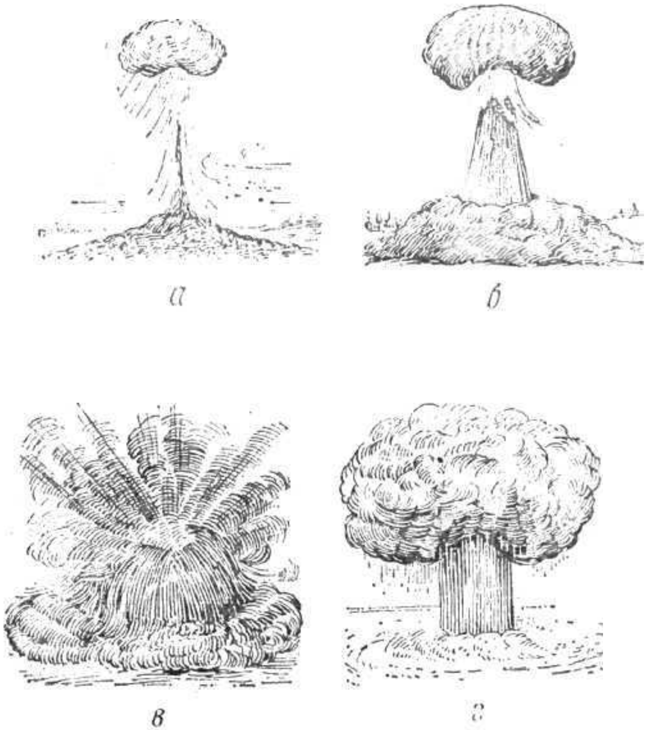


Рис. 1. Некоторые виды ядерных взрывов:
о — воздушный; *б* — наземный; в — подземный; г — подводный

От воздействия светового излучения защищают убежища и укрытия, а также полностью или частично — предметы из негорючих материалов, складки местности.

П р о н и к а ю щ а я р а д и а ц и я — это поток гамма-лучей и нейтронов, испускаемых в окружающую среду из зоны ядерного взрыва в течение нескольких секунд. У людей и животных проникающая радиация вызывает лучевую болезнь различной степени тяжести.

Защитой от проникающей радиации являются убежища. Ослабляют воздействие проникающей радиации

на человека укрытия, складки местности и местные предметы.

Радиоактивное заражение является результатом выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва (радиоактивный след). Оно может

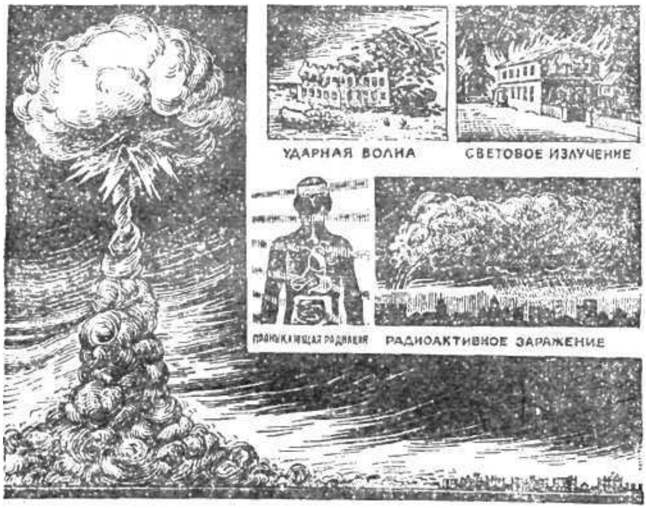


Рис. 2. Поражающие факторы ядерного взрыва

быть умеренным, сильным и опасным. Радиоактивное заражение, как и проникающая радиация, вызывает лучевую болезнь.

Защитой от радиоактивного заражения служат убежища, противорадиационные укрытия, а от попадания радиоактивных веществ на поверхность тела и внутрь организма, кроме того, и средства индивидуальной защиты.

Территория, на которой ядерный взрыв вызвал массовые поражения людей и животных, разрушения зданий и сооружений, пожары и радиоактивное заражение, называется очагом ядерного поражения. Его размеры зависят от мощности и вида ядерного взрыва, от рельефа местности, характера застройки и ряда других факторов.

Химическое оружие. Основу химического оружия составляют отравляющие вещества (ОВ), поражающие

людей и животных, заражающие воздух, местность и предметы, находящиеся на ней, в частности продовольствие, фураж и источники воды. В момент применения отравляющие вещества переходят из жидкого или твердого состояния в капельно-жидкое, газообразное, парообразное или аэрозольное (туман, дым).

Отравляющие вещества поражают организм при попадании на кожу и в глаза, при вдыхании зараженного воздуха, при употреблении зараженной пищи и воды.

По характеру воздействия на организм ОВ делятся на группы:

— нервно-паралитического действия (V-газы, зарин, зоман) *;

— кожно-нарывного действия (иприт);

— общеядовитого действия (синильная кислота);

— удушающего действия (фосген);

— психохимического действия (диэтиламид лизергиновой кислоты, би-зед);

— раздражающего действия (си-эс, хлорацетофенон).

Многие отравляющие вещества, если не принять мер защиты, вызывают смерть.

Территория, на которой в результате воздействия химического оружия противника произошли массовые поражения людей, животных и растений, называется очагом химического поражения. Очаги химического поражения могут образоваться также вследствие аварий на предприятиях, производящих или использующих в производстве сильнодействующие ядовитые вещества (хлор, сернистый ангидрид, аммиак и др.).

От химического оружия надежно защищают убежища, оборудованные фильтровентиляционными установками, и средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи.

Бактериологическое (биологическое) оружие. В современной войне в результате применения противником бактериологического оружия возможны массовые заболевания особо опасными инфекционными болезнями людей (чума, холера, натуральная оспа) и животных (чума крупного рогатого скота, ящур, сап и др.), а также поражение сельскохозяйственных культур на больших площадях.

* Эти ОВ называются фосфорорганическими (ФОВ), поскольку содержат в своем составе фосфор.

Возбудителями инфекционных заболеваний являются болезнетворные микроорганизмы (бактерии, риккетсии, вирусы, грибки) и вырабатываемые некоторыми из них яды (токсины).

Территория (города, населенные пункты, места временного размещения населения, объекты народного хозяйства), на которой под воздействием бактериальных средств противника возникли массовые заболевания людей или животных, называется очагом бактериологического (биологического) поражения.

От бактериологического оружия защищают убежища, оборудованные фильтровентиляционными установками, противорадиационные укрытия, средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, а также специальные средства противоэпидемической защиты: предохранительные прививки, сыворотки, антибиотики.

Из обычных средств поражения наиболее опасными для населения являются зажигательное оружие (напалм, термит и др.), осколочные авиабомбы различных конструкций и мины, в том числе мины-сюрпризы, изготовленные в виде различных предметов (игрушек, радиоприемников и т. п.).

Глава II

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

Знание средств и способов защиты от оружия массового поражения — одно из важнейших условий спасения вашей жизни и жизни многих людей.

В современной ракетно-ядерной войне будут использоваться различные способы защиты населения от оружия массового поражения. Основными из них являются: укрытие населения в коллективных средствах защиты — защитных сооружениях, эвакуация населения из крупных городов в загородную зону, использование средств индивидуальной защиты. Кроме того, каждый должен уметь использовать защитные свойства местности и местных предметов.

Коллективные средства защиты

Вы должны знать, где расположены ближайшие убежища и укрытия по месту вашей работы и жительства.

Защитные сооружения гражданской обороны предназначены для защиты людей от современных средств поражения. Они подразделяются на убежища и противорадиационные укрытия.

Убежища

Убежища обеспечивают наиболее надежную защиту людей от ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения при ядерных взрывах, от отравляющих веществ и бактериальных средств, а также от высоких температур и вредных газов в зонах пожаров. В убежищах можно находиться длительное время.

Убежища оборудуются в заглубленной части зданий (встроенное убежище — рис. 3) или располагаются вне зданий (отдельно стоящее убежище—рис. 4). Кроме того, под убежища могут приспосабливаться имеющиеся заглубленные сооружения (подвалы, тоннели), подземные выработки (шахты, рудники).

Убежище (рис. 5) состоит из основного помещения, шлюзовых камер (тамбуров), фильтровентиляционной камеры, санитарного узла; имеет два входа. Входы обо-

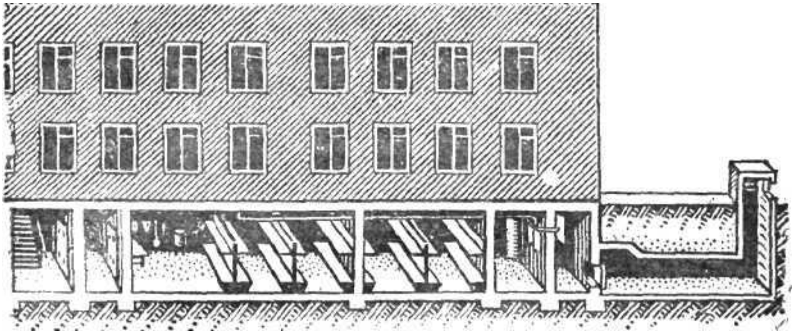


Рис. 3. Встроенное убежище

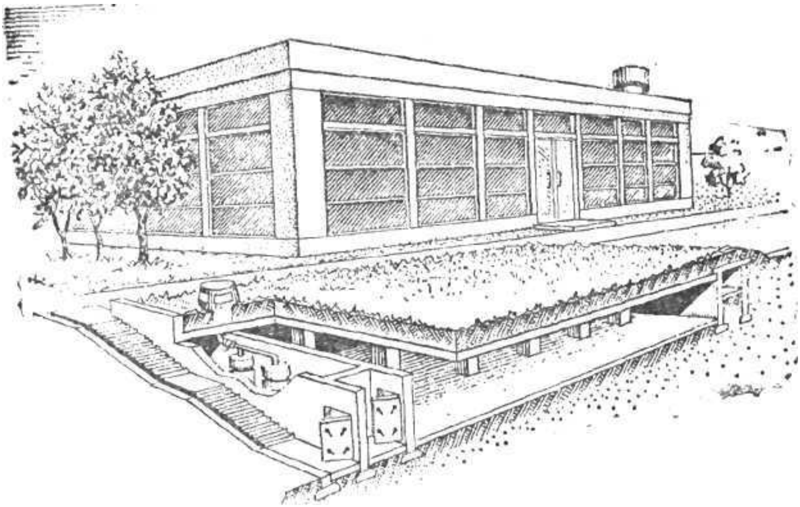


Рис. 4. Отдельно стоящее убежище

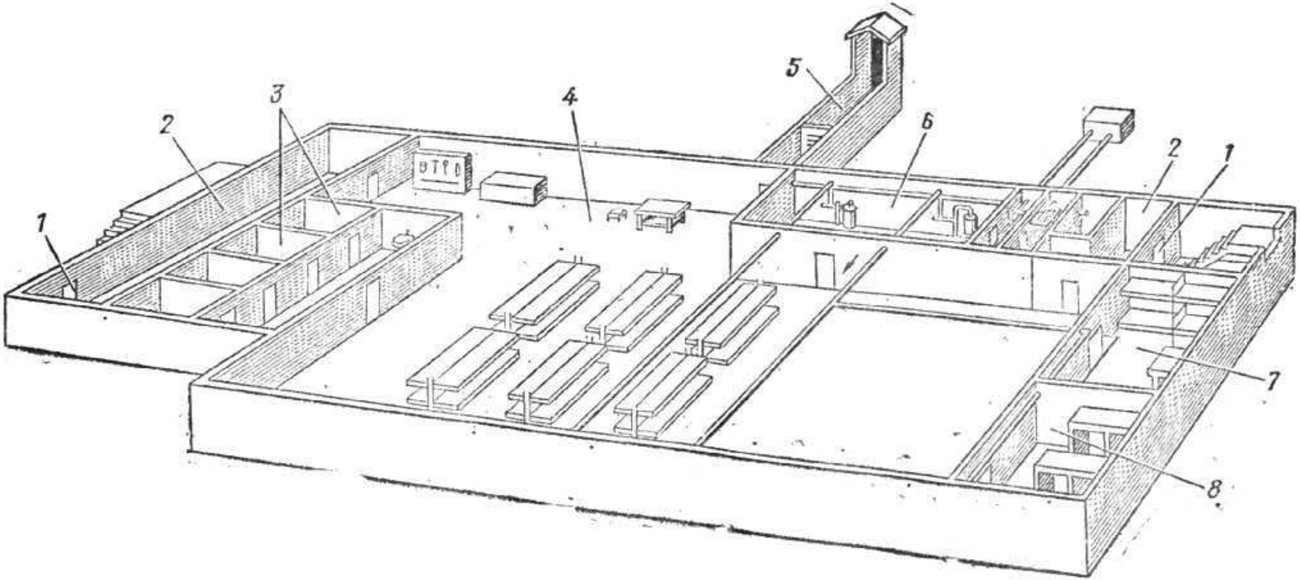


Рис. 5. План встроенного убежища:

1 — защитно-герметические двери; *2* — **шлюзовые камеры; 3 — санитарный** узел; *4* — основное помещение для размещения людей; *5* — галерея и оголовок аварийного выхода; *6* — фильтровентиляционная камера; *7* — медицинская комната; *8* — кладовая для продуктов (помещения **7 и 8** могут не устраиваться)

рудуются защитно-герметическими дверями. Встроенное убежище, кроме того, должно иметь аварийный выход.

В убежищах применяются фильтровентиляционные установки с электрическим или ручным приводом. С помощью таких установок наружный воздух очищается от радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств и подается в убежища. Фильтровентиляционная установка может работать в двух режимах — в режиме чистой вентиляции (воздух очищается только от пыли в противопыльных фильтрах) и режиме фильтровентиляции (воздух очищается от отравляющих веществ, бактериальных средств и радиоактивной пыли в фильтрах-поглотителях).

В убежище оборудуются системы водоснабжения, канализации, отопления и освещения, устанавливаются радио и телефон. В основном помещении должны быть скамьи для сидения и нары для лежания. Каждое убежище должно быть оснащено комплектом средств для ведения разведки на зараженной местности, инвентарем, включая аварийный, и средствами аварийного освещения.

Необходимо постоянно следить за исправностью оборудования убежищ.

Противорадиационные укрытия

Вы должны уметь оборудовать или построить укрытие.

Противорадиационные укрытия защищают людей от радиоактивного заражения и светового излучения и ослабляют воздействие ударной волны и проникающей радиации ядерного взрыва. Оборудуются они обычно в подвальных или наземных этажах зданий и сооружений.

Следует помнить, что различные здания и сооружения по-разному ослабляют проникающую радиацию: помещения первого этажа деревянных зданий ослабляют ее в 2—3 раза, помещения первого этажа каменных зданий—в 10 раз, помещения верхних этажей (за исключением самого верхнего) многоэтажных зданий — в 50 раз, средняя часть подвала многоэтажного каменного здания — в 500—1000 раз.

Наиболее пригодны для противорадиационных укрытий внутренние помещения каменных зданий с капи-

тальными стенами и небольшой площадью проемов. При угрозе радиоактивного заражения эти проемы заделывают подручными материалами: мешками с грунтом, кирпичами и т. д.

При необходимости сооружаются отдельно стоящие противорадиационные укрытия (рис. 6, 7).

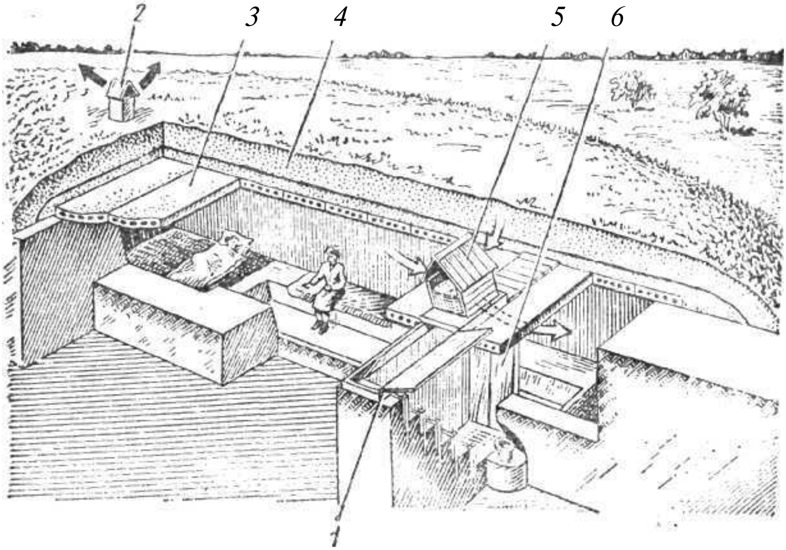


Рис. 6. Противорадиационное укрытие с перекрытием из железобетонных плит:
1— вход; 2 — вытяжная шахта; 3 — перекрытие; 4 — обсыпка грунтом; 5 — приточная шахта; 6 — занавесь при входе;

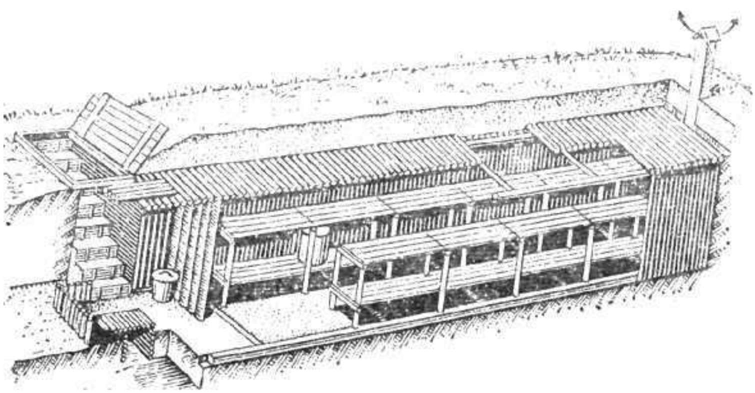


Рис. 7. Противорадиационног укрытие из тонких бревен или жердей

При выборе места для строительства укрытия учитывается рельеф местности, характер грунта и уровень грунтовых вод. При возведении укрытий используются промышленные (сборные железобетонные элементы, кирпич, арматура, трубы, прокат) или местные (дерево, камень, саман, хворост, камыш) строительные материалы. Зимой можно использовать промерзший грунт, лед и снег. Например, уплотненный слой снега толщиной 60 см ослабляет радиацию в 2 раза.

Строительство начинается с трассировки укрытия на местности. Затем снимается дерн и отрывается траншея глубиной 180—200 см, шириной по дну 100 см при однорядном или 160 см при двухрядном расположении мест. Длина укрытия на 10—15 человек должна быть примерно 7—9 м (при однорядном расположении мест). В слабых грунтах устраивается одежда крутостей. Входы должны быть под углом 90° к продольной оси укрытия. На дне отрывается водосборная канавка, настилается пол и ставятся скамьи из расчета 0,5 м на человека и нары для лежания. У входа отрывается водосборный колодец (глубиной до 50 см), а в противоположном от входа торце устанавливается вентиляционный короб или простейший вентилятор. После укладки перекрытия на него насыпается слой грунта толщиной не менее 60 см; грунт покрывается дерном, а вокруг укрытия отрывается канава для стока дождевой воды. Вход оборудуется двумя занавесями из плотного материала; между ними в специальной нише устанавливается емкость для отходов. Запас воды хранится в бачках.

Строительство противорадиационного укрытия в зависимости от его конструкции должно быть закончено в минимальные сроки.

Если в районе имеются подземные выработки или естественные подземные полости, их также можно приспособить под противорадиационные укрытия.

Простейшие укрытия

Вы должны уметь строить простейшие укрытия.

Самым доступным средством защиты от современных средств поражения являются простейшие укрытия. Они ослабляют воздействие ударной волны и радиоактивного излучения, защищают от светового излучения и обломков разрушающихся зданий, предохраняют

от непосредственного попадания на одежду и кожу радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств.

Простейшее укрытие — это щель (рис. 8), которую обычно отрывают глубиной 180—200 см, шириной по

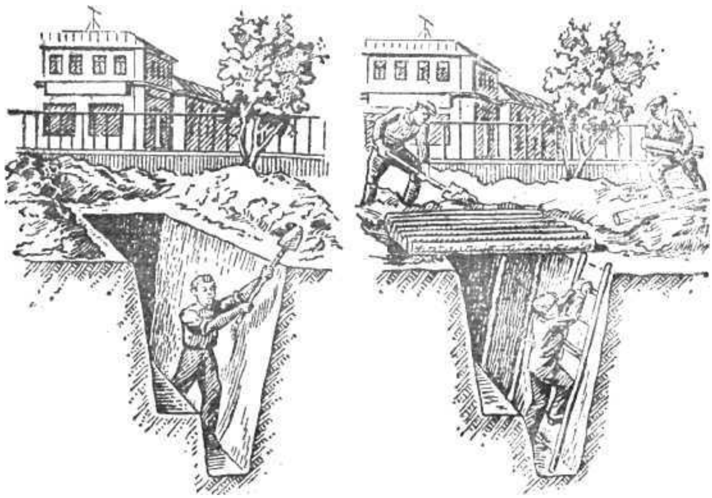


Рис. 8. Устройство простейшего укрытия (щели)

верху 100—120 см и по дну — 80 см, с входом под углом 90° к продольной оси ее. Длина щели определяется из расчета 0,5 м на одного укрываемого. В последующем защитные свойства открытой щели усиливаются путем устройства одежды крутостей, перекрытия с грунтовой обсыпкой и защитной двери. Такое укрытие называется перекрытой щелью (рис. 9).

Трассировка, отрывка и устройство одежды крутостей щели выполняются аналогично тому, как это делается при строительстве противорадиационного укрытия. Вход в щель можно сделать в виде вертикального лаза с люком, перекрытым снаружи щитом.

Если есть время и материалы, защитные свойства перекрытой щели можно постепенно довести до уровня защитных свойств противорадиационного укрытия.

На территориях с плотной застройкой не всегда найдется достаточно места для строительства щелей. Поэтому можно приспосабливать под укрытия подвалы, тоннели и другие заглубленные помещения. При оборудовании подвала прежде всего нужно с помощью сто-

ек и прогонов усилить перекрытие, чтобы оно смогло выдержать нагрузку от обломков здания в случае его разрушения; затем сделать аварийный выход в виде

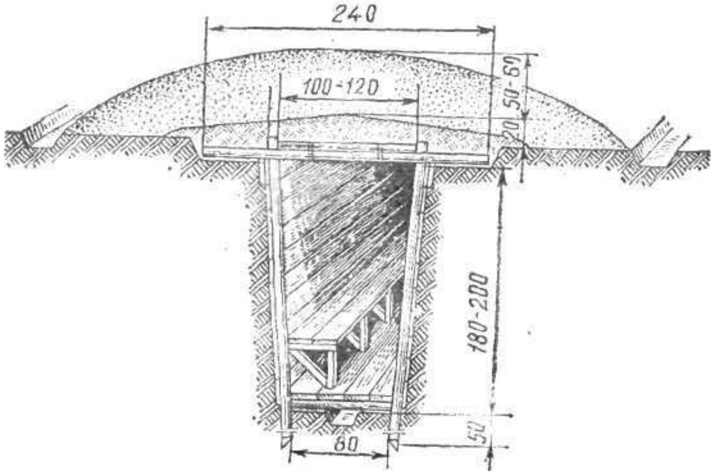


Рис. 9. Перекрытая щель

перекрытой траншеи с выходом на поверхность на расстоянии, равном высоте здания; заделать проемы в наружных и внутренних стенах, оставив только входы и отверстия для вентиляции.

Защитные свойства местности

Вы должны знать и уметь использовать защитные свойства местности.

Защитные свойства местности зависят от ее рельефа, от формы местных предметов и их расположения относительно взрыва.

Лучшую защиту обеспечивают узкие, глубокие и извилистые овраги, карьеры и особенно подземные выработки. Возвышенности с крутыми скатами, насыпи, котлованы, низкие каменные ограды и другие укрытия подобного типа также являются хорошей защитой от воздействия поражающих факторов ядерного взрыва. Некоторыми защитными свойствами обладают мелкие выемки, ложбины, канавы.

Лесные массивы ослабляют действие всех поражающих факторов ядерного взрыва. Они снижают силу

воздействия ударной волны, проникающей радиации, уменьшают радиоактивное заражение, ослабляют воздействие светового излучения. Однако следует помнить, что световое излучение вызывает в лесу пожар. Наименее подвержен возгоранию молодой лиственный лес, его и следует использовать в первую очередь в целях защиты.

Поскольку сильная ударная волна ломает и рушит деревья, лучше всего располагаться в лесу на полянах и вырубках, покрытых кустарником. При отсутствии в лесу полян (вырубок) укрываться следует в глубине леса на удалении не менее 30—50 м от дорог и просек и 150—200 м от опушек леса.

Простейшие способы защиты

Помните о простейших способах защиты.

Если в момент ядерного взрыва вы окажетесь вне убежища или укрытия, необходимо быстро лечь на землю лицом вниз, используя для защиты низкие каменные ограды, канавы, кюветы, ямы, пни, насыпи шоссейных и железных дорог, лесонасаждения (рис. 10). Нельзя укрываться у стен зданий и сооружений — они могут обрушиться.

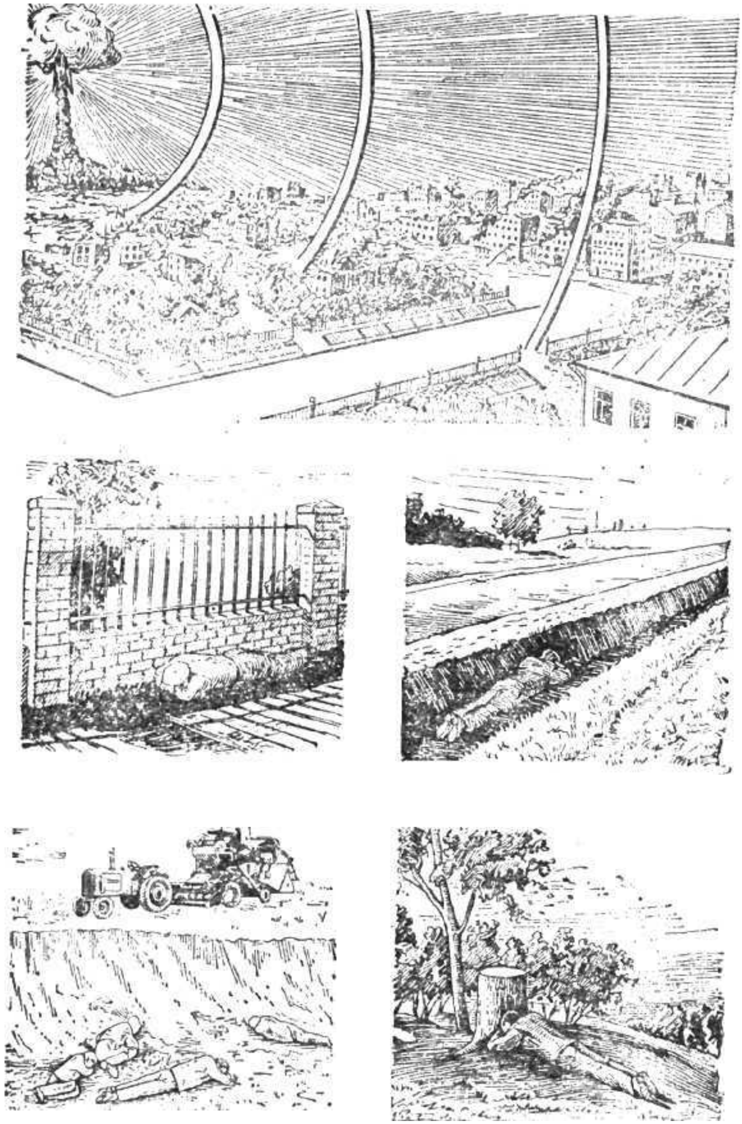
При вспышке следует закрыть глаза — этим можно защитить их от поражения световым излучением. Во избежание ожогов открытые участки тела нужно закрыть какой-либо тканью.

Когда пройдет ударная волна, необходимо встать и надеть средства индивидуальной защиты. Если их нет, следует закрыть рот и нос любой повязкой (платком, шарфом и т. п.) и отряхнуть одежду от пыли.

Средства индивидуальной защиты

Никогда и нигде не забывайте о средствах индивидуальной защиты. Умейте ими пользоваться.

Средства индивидуальной защиты предназначены для защиты от попадания внутрь организма, на кожные покровы и одежду радиоактивных и отравляющих веществ и бактериальных средств. Они делятся на средства защиты органов дыхания и средства защиты кожи. К ним относятся также индивидуальный противохимический пакет и аптечка индивидуальная.



Рис, 10, Использование защитных свойств местности и местных предметов

Средства защиты органов дыхания

К средствам защиты органов дыхания относятся противогазы и респираторы, а также простейшие средства — противопыльная тканевая маска и ватно-марлевая повязка. Простейшие средства защиты могут быть изготовлены самостоятельно.

Противогаз (рис. 11, 12) надежно защищает органы дыхания, глаза и лицо от радиоактивных, отравляющих

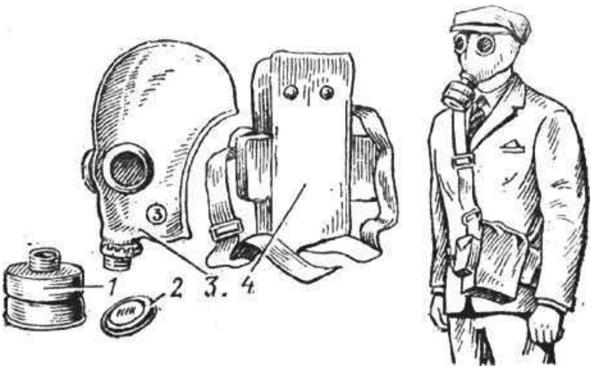


Рис. 11. Противогаз ГП-5:
1 — фильтрующе-поглощающая коробка; 2 — коробка с незапотевающими пленками; 3 — шлем-маска; 4 — сумка для противогаза

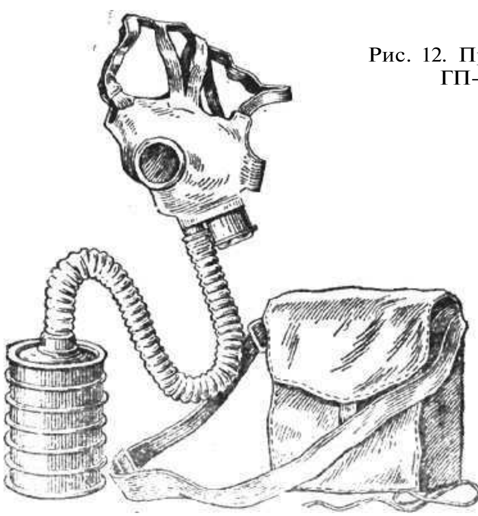


Рис. 12. Противогаз ГП-4у

веществ и бактериальных средств. Для детей от полутора лет и старше имеются специальные противогазы.

Противогаз необходимо тщательно подобрать по росту лицевой части (обозначен цифрой на подбородочной части шлема-маски или маски) и хорошо подогнать. Носят его в зависимости от обстановки в одном из трех положений: «походном», «наготове» и «боевом» (рис. 13).

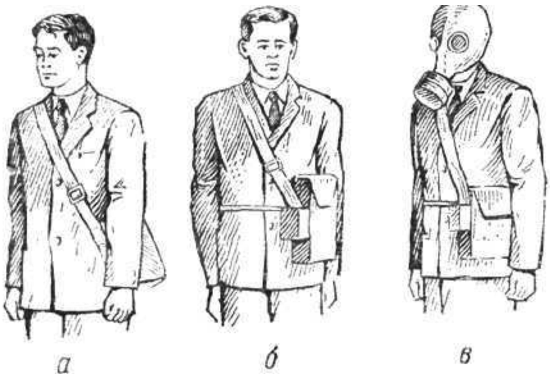


Рис. 13. Приемы ношения противогаза:
а — в «походном» положении; б—в положении «наготове»; в —в «боевом» положении

В «походном» положении противогаз находится у взрослых на левом, у детей на правом боку. Верхний край сумки для противогаза должен быть на уровне пояса, а клапан сумки — с наружной стороны.

По сигналу «Воздушная тревога» или по команде «Противогазы готовь» противогазы переводят в положение «наготове». Для этого передвигают сумку вперед, открывают клапан сумки и закрепляют противогаз в этом положении поясной тесьмой.

В «боевое» положение противогазы переводят по сигналам «Радиационная опасность», «Химическая тревога» или по команде «Газы», а также самостоятельно при обнаружении применения противником химического и бактериологического оружия или при выпадении радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва. Во всех перечисленных случаях нужно, задержав дыхание и закрыв глаза, снять головной убор, быстро вынуть из сумки шлем-маску (маску) и надеть ее на голову (рис. 14); после этого, сделав резкий выдох, открыть глаза и возобновить дыхание; надеть головной убор.

Снимают противогазы по команде «Противогазы снять» или самостоятельно, когда будет установлено, что

опасность поражения миновала. Для этого необходимо одной рукой приподнять головной убор, а другой, взяв

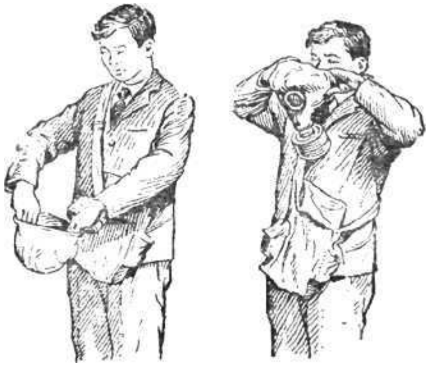


Рис. 14. Надевание противогаза ГП-5

за клапанную коробку, оттянуть шлем-маску (маску) вниз, затем вперед и вверх и сиять ее; надеть головной убор. Снятую шлем-маску (маску) протирают сухой тканью (носовым платком) и укладывают в сумку.

Обращаться с противогазом следует осторожно. Необходимо оберегать его от ударов и не хранить рядом с нагревательными приборами, следить, чтобы не засорялся клапан выдоха. Зимой, в сильные морозы, шлем-маску (маску) рекомендуется держать под пальто на груди, а у надетого противогаза периодически обогревать руками клапанную коробку.

Респиратор Р-2 (рис. 15) применяется для защиты органов дыхания от радиоактивной, производственной и обычной пыли. Он может быть использован также при действиях в очаге бактериологического поражения для защиты от бактериальных средств, находящихся В воздухе в виде аэрозолей. Для детей от 7 до 17 лет предназначен детский респиратор, отличающийся от взрослого размером.



Рис. 15. Респиратор Р-2: 1 — полумаска; 2 —вдыхательный клапан; 3 — выдыхательный клапан; 4—носовой зажим; 5 — тесемка; 6 — оголовок

Следует оберегать респиратор от механических повреждений, увлажнения, воздействия масла и органических растворителей.

Для детей в возрасте до полутора лет в качестве

средства индивидуальной защиты может использоваться специальная **камера защитная детская КЗД-4** (рис. 16). Смотровые окна, имеющиеся в корпусе каме-

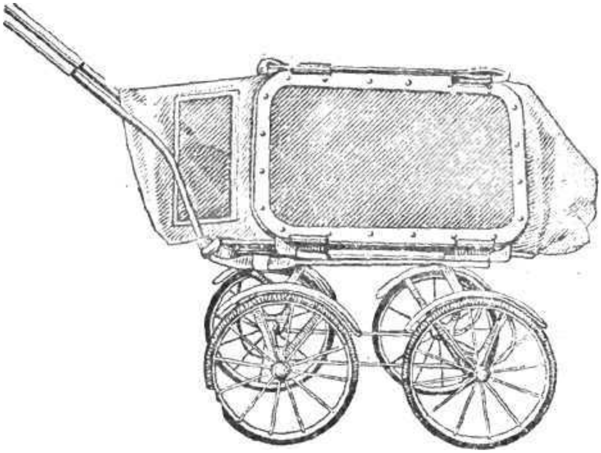


Рис. 16. Камера защитная детская (КЗД-4) на шасси детской коляски

ры, позволяют следить за поведением ребенка. Камера приспособлена для переноски в руках и через плечо; ее можно также установить на санки или на шасси детской коляски.



Рис. 17. Противопыльная тканевая маска ПТМ-1

Противопыльная тканевая маска ПТМ-1 (рис. 17) состоит из корпуса и крепления. Корпус делается из четырех-пяти слоев ткани. Для верхнего слоя пригодны бязь, штапельное полотно, миткаль, трикотаж; для внутренних слоев — фланель, бумазея, хлопчатобумажная или шерстяная ткань с начесом (материал для нижнего слоя маски, прилегающего к лицу, не должен линять). Ткань может быть не новой, но обязательно чистой и не очень ношеной. Крепление маски изготовляется из одного слоя любой тонкой материи.

По выкройке или лекалу выкройте корпус маски и крепление, подготовьте верхнюю и поперечную резинки шириной 0,8—1,5 см, сшейте маску. Для защиты глаз в вырезы маски вставьте стекла или пластинки из прозрачной пленки.

Ватно-марлевую повязку (рис. 18) изготавливают из куска марли размером 100Х50 см. На его середину кладется слой ваты размером 30Х20 см и толщиной

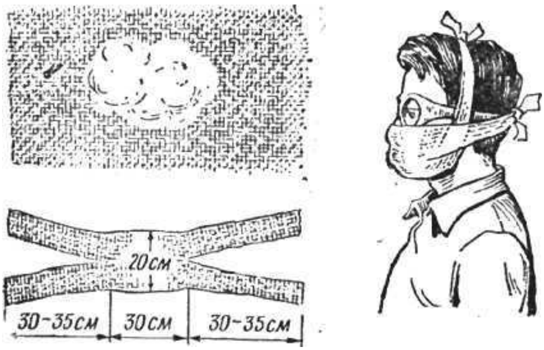


Рис. 18. Ватно-марлевая повязка

1—2 см, марлю с обеих длинных сторон загибают, закрыв вату. Концы марли надрезают так, чтобы образовались две пары завязок.

Повязка накладывается на рот и нос, верхние концы ее завязываются на затылке за ушами, нижние — на темени. Для защиты глаз используются противопыльные защитные очки.

При отсутствии маски и повязки можно использовать наиболее простые средства: ткань, сложенную в несколько слоев, полотенце, шарф, платок и т. п.

Средства защиты кожи

Средства защиты кожи предохраняют тело от заражения капельно-жидкими отравляющими веществами, радиоактивной пылью и бактериальными аэрозолями. К ним относятся специальная защитная одежда и подручные средства защиты кожи.

Специальная защитная одежда предназначена для личного состава воинских частей и невоенизированных формирований гражданской обороны. Она используется при проведении спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ.

К специальной защитной одежде относятся общевойсковой защитный комплект (рис. 19), легкий защитный костюм Л-1 (рис. 20), защитный комбинезон (рис. 21) и защитная фильтрующая одежда (рис. 22).

К подручным средствам защиты кожи относятся в первую очередь накидки и плащи из прорезиненной ткани или синтетических пленок.



Рис. 19. Общевойсковой защитный комплект

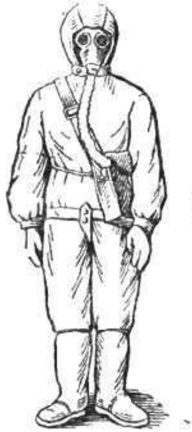


Рис. 20. Легкий защитный костюм Л-1



Рис. 21. Защитный комбинезон



Рис. 22. Защитная фильтрующая одежда

В качестве средств защиты кожи можно использовать также спортивные, рабочие, школьные костюмы (куртки и брюки), ватники и другую одежду. Для их герметизации изготовьте нагрудный клапан и клинья (рис. 23) из любой плотной ткани. Для защиты шеи, головы и обеспечения герметичности в области воротника сшейте из плотной ткани капюшон (рис. 24). Разрезные карманы брюк, курток, комбинезонов для повышения герметичности одежды зашейте.

Для защиты рук используйте перчатки и рукавицы, для защиты ног — резиновые сапоги, боты, калоши, валенки с калошами или ботинки из кожи или кожзаменителей.

Для повышения защитных свойств одежды пропитайте ее специальной пастой К-4 или мыльно-масляной эмульсией на основе минеральных или растительных масел. Один литр пасты растворите в двух литрах воды и полученным раствором полностью пропитайте одежду. Для приготовления эмульсии нужно в двух литрах горячей воды растворить 250—300 г измельченного хозяйственного мыла, добавить 0,5 л минерального или растительного масла, затем раствор нагреть и опустить в него подготовленный комплект одежды. В обоих случаях одежду слегка отожмите и высушите на открытом воздухе.

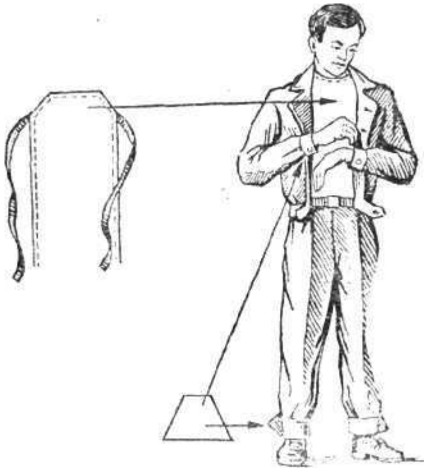


Рис. 23. Герметизация одежды

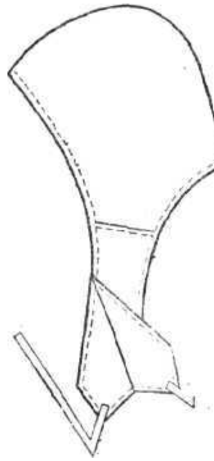


Рис. 24. Капюшон

Индивидуальный противохимический пакет

Индивидуальный противохимический пакет ИПП-8 (рис. 25) предназначен для обезвреживания капельно-жидких отравляющих веществ, попавших на тело я одежду.

Пакет состоит из стеклянного флакона с дегазирующим раствором и четырех ватно-марлевых тампонов. Когда необходимо, тампоны смачивают жидкостью из флакона и протирают зараженные участки кожи и одежды. При обработке жидкостью может возникнуть ощущение жжения кожи, которое быстро проходит и не влияет на самочувствие и работоспособность.

Помните, что жидкость индивидуального противохимического пакета ядовита и опасна для глаз!

Если нет индивидуального противохимического пакета, обезвредить капельно-жидкие ОВ можно бытовыми химическими средствами. Так, для обработки кожи взрослого человека нужно заблаговременно подготовить один литр 3%-ной перекиси водорода и 30 г едкого натра, которые смешивают непосредственно перед использованием. Едкий натр можно заменить силикатным клеем (150 г клея на один литр 3%-ной перекиси водорода). Способ применения раствора такой же, как и



а б в

Рис. 25. Индивидуальный противохимический пакет ИПП-8:
о — общий вид; б —флакон с жидкостью; в — ватно-марлевые тампоны

жидкости из противохимического пакета. При работе с сухим едким натром необходимо следить, чтобы он не попал в глаза и на кожу.

Аптечка индивидуальная

Аптечка индивидуальная АИ-2 (рис. 26) содержит медицинские средства защиты и предназначена для оказания самопомощи и взаимопомощи при ранениях и ожогах (для снятия боли) и предупреждения или ослабления поражений фосфорорганическими ОВ, бактериальными средствами и радиоактивными веществами.

Противоболевое средство, применяемое при переломах, обширных ранах и ожогах, находится в гнезде № 1 в шприц-тюбике.

Как пользоваться шприц-тюбиком?

Извлеките шприц-тюбик из аптечки. Возьмитесь левой рукой за ребристый ободок, а правой — за корпус тюбика и энергичным вращательным движением поверните его до упора по ходу часовой стрелки. Затем снимите колпачок, защищающий иглу, и, держа шприц-тюбик иглой вверх, выдавите из него воздух (до появления капли жидкости на кончике иглы). После этого, не касаясь иглы руками, введите ее в мягкие ткани бедра или руки и выдавите содержимое шприц-тюбика.

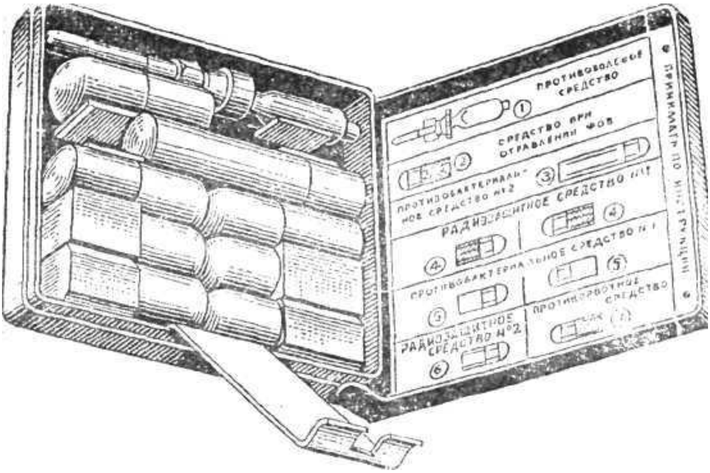


Рис. 26. Аптечка индивидуальная АИ-2

Извлекайте иглу, не разжимая пальцев. В экстренных случаях укол можно сделать и через одежду.

Средство для предупреждения отравления фосфорорганическими ОВ (антидот) находится в гнезде № 2 в круглом пенале красного цвета. Принимают его по сигналу «Химическая тревога» — одну таблетку. Затем сразу же надевают противогаз. При появлении и нарастании признаков отравления следует принять еще одну таблетку. Повторно принимать препарат рекомендуется не ранее чем через 5—6 ч.

Противобактериальное средство № 1 размещается в гнезде № 5 в двух одинаковых четырехгранных пеналах без окраски. Принимать его следует в случае применения противником бактериальных средств, при инфекционном заболевании, а также при ранениях и ожогах. Сначала принимают содержимое одного пенала (сразу 5 таблеток), а затем через 6 ч принимают содержимое другого пенала (также 5 таблеток).

Противобактериальное средство № 2 находится в гнезде № 3 в большом круглом пенале без окраски. Использовать его следует при желудочно-кишечном расстройстве, возникающем после облучения. В первые сутки принимают 7 таблеток (в один прием), а в последующие двое суток — по 4 таблетки.

Радиозащитное средство № 1 находится в гнезде

№ 4 в двух восьмигранных пеналах розового цвета. Этот препарат принимают по сигналу «Радиационная опасность» — 6 таблеток за один прием. При новой угрозе облучения, но не ранее чем через 4—5 ч после первого приема, рекомендуется принять еще 6 таблеток.

Радиозащитное средство № 2 находится в гнезде № 6 в четырехгранном пенале белого цвета. Принимать его нужно по одной таблетке ежедневно в течение 10 дней после выпадения радиоактивных осадков при употреблении в пищу свежего молока. В первую очередь препарат давать детям.

Противорвотное средство находится в гнезде № 7 в круглом пенале голубого цвета. Сразу после облучения, а также при появлении тошноты после ушиба головы рекомендуется принять одну таблетку. При продолжающейся тошноте следует принимать по одной таблетке через 3—4 ч.

Примечание. Детям до 8 лет на один прием давать 1/4 дозы взрослого, детям от 8 до 15 лет — 1/2 дозы взрослого из перечисленных средств, кроме радиозащитного средства № 2 и противоболевого средства, которые даются в полной дозе.

Эвакуация

Эвакуация является одним из основных способов защиты населения крупных городов и прилегающих к ним населенных пунктов от поражения ядерным оружием. Она заключается в выводе (вывозе) значительной части населения из мест вероятных ударов противника и размещении его в загородной зоне.

Для сбора, регистрации и отправки населения на исходные пункты пешего движения или станции (пристани, пункты) посадки на транспорт создаются сборные эвакуационные пункты. Как правило, эти пункты организуются на базе предприятий, учреждений, учебных заведений и ЖЭК. В загородной зоне для приема и размещения эвакуируемого населения создаются приемные эвакуационные пункты.

О начале эвакуации рабочим, служащим и членам их семей объявляет администрация предприятий, учреждений, организаций; остальное население оповещается администрацией ЖЭК и домоуправлений.

Глава III

ДЕЙСТВИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ УГРОЗЕ НАПАДЕНИЯ ПРОТИВНИКА

Активно участвуйте в мероприятиях, проводимых в период угрозы нападения противника.

Об угрозе нападения противника население оповещается по месту работы или жительства соответствующими должностными лицами гражданской обороны, а также по радио, телевидению и другим средствам связи.

С этого момента радиотрансляционная точка (репродуктор), радиоприемник, телевизор должны быть постоянно включены на случай новых сообщений органов власти, а также подачи сигналов оповещения гражданской обороны.

Подготовка коллективных средств защиты

Защитные сооружения должны быть готовы для приема людей. Помогите звену обслуживания убежища (укрытия) быстро освободить от различных материалов и оборудования помещения тех защитных сооружений, которые в мирное время используются для нужд производства или обслуживания населения.

Если убежищ и укрытий недостаточно, долг каждого — принять активное участие в их строительстве.

Подготовка средств индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты должны быть под рукой и готовы к применению. Если средств защиты нет, необходимо немедленно получить их или изготовить самим.

Проверьте ваш противогаз. Наденьте шлем-маску (маску), закройте отверстие в дне фильтрующе-поглощающей коробки и сделайте глубокий вдох. Воздух будет проходить только в том случае, если противогаз неисправен, неправильно собран или велик по размеру. Обнаруженная неисправность устраняется или заменяется шлем-маска (маска). Окончательно годность противогаза к использованию проверяется в камере окуривания.

У шлема-маски (маски), не бывшей в употреблении, изнутри удалите тальк чистой влажной тряпочкой или ватой. Шлем-маску (маску), бывшую в употреблении, обязательно продезинфицируйте одеколоном, спиртом или 2%-ным раствором формалина.

Не забудьте проверить наличие в противогазе незапотевающих пленок или мыльного карандаша.

Выбранный по размеру респиратор осмотрите и проверьте, обратив особое внимание на плотность прилегания маски к лицу. Для этого наденьте респиратор, ладонью плотно закройте отверстие предохранительного экрана выдыхательного клапана и сделайте легкий выдох. Если воздух не выходит, а лишь несколько раздувает полумаску, то респиратор герметичен.

Если у вас не оказалось противопыльной тканевой маски, нужно сшить ее. Приготовьте ватно-марлевую повязку.

Подберите одежду, которую вы сможете использовать для защиты кожи. Загерметизируйте ее, пропитайте специальным раствором. Не забудьте также подобрать и подготовить обувь.

Подготовьте домашнюю аптечку, в которой должны быть термометр, нашатырный спирт, йод, бинты, вата, питьевая сода, различные антибиотики и другие медикаменты.

Вы должны иметь при себе аптечку индивидуальную и индивидуальный противохимический пакет.

Особенности организации защиты детей и обязанности взрослых

С возникновением угрозы нападения дети должны постоянно находиться под наблюдением взрослых.

В первую очередь необходимо обеспечить детей средствами защиты органов дыхания. Школьникам противогазы и респираторы целесообразно выдавать в школе. Кроме противогаза и респиратора каждый ребенок должен быть обеспечен как дома, так и в детском учреждении, школе противопыльной тканевой маской или ватно-марлевой повязкой. Затем подготавливается детская одежда и обувь для защиты от радиоактивной пыли.

Взрослые должны проверить исправность средств защиты и показать детям, как ими пользоваться. Желательно, чтобы дети потренировались в надевании и снятии противогаза, респиратора.

Родители, персонал школ и детских учреждений уточняют порядок следования в убежища или укрытия, места размещения в них детей.

Родители, и особенно персонал детских яслей, домов ребенка, родильных домов, должны хорошо знать устройство камеры защитной детской и правила пользования ею. Во время пребывания ребенка в камере температура в ней, как правило, на 3—4° выше наружной, что следует учитывать при выборе одежды для малыша. Во избежание его перегрева камеру рекомендуется защищать от воздействия прямых солнечных лучей. В случае дождя камеру нужно закрыть какой-либо водонепроницаемой тканью, но не слишком плотно.

Противопожарные мероприятия

Чтобы уменьшить возможность возникновения пожаров, на объектах народного хозяйства и в жилых домах принимается ряд мер: территория очищается от лишних предметов; помещения освобождаются от горючих материалов; малоценные деревянные строения сносятся; деревянные части зданий и сооружений покрываются огнезащитным составом или окрашиваются в белый цвет; кроме того, необходимо проверить состояние средств пожаротушения, а также выставить дополнительные пожарные посты.

Для предотвращения воспламенения вещей от светового излучения снимите с окон занавеси, шторы; скатерти, ковры, одежду, обувь, книги и другие вещи сложите в чемоданы, ящики, шкафы; мебель разместите в простенках между окнами. Покройте окопные стекла белой краской, известью (для получения известкового раствора нужно смешать 10 весовых частей извести, одну часть жира и 13 частей воды) или закройте оконные проемы щитами, ставнями из несгораемого материала.

Уберите из коридоров, с лестничных клеток и чердаков громоздкие вещи. На чердаках используемые для утепления древесные опилки, торф, листву, мох по возможности замените несгораемыми материалами: песком, шлаком, сухой землей, глиной, причем защитный слой должен быть в 5—10 см, насколько позволяют перекрытия. Проверьте, хорошо ли открываются двери, ведущие в коридоры и на лестничные площадки. Стены и другие части деревянного дома обмажьте глиняным раствором — они будут более огнестойкими.

В доме, около дома, хозяйственных построек и помещений для животных создайте запасы воды и песка, необходимые для тушения пожара. Проверьте наличие простейших средств пожаротушения.

Защита квартиры (дома) от проникновения радиоактивной пыли и аэрозолей

Для повышения герметичности помещения заделайте все трещины в дверях и дверных коробках, зашпаклюйте щели в оконных рамах и проемах, закройте отдушины, дымоходы и другие отверстия. При этом целесообразно использовать липкую полимерную ленту. Щели в местах прилегания двери к дверной коробке можно заделать прокладками из резины, поролона или другого подобного материала (рис. 27).



Рис. 27. Герметизация квартиры

Герметизированное помещение, в котором нет специальных устройств для очистки воздуха, необходимо проветривать. Для этого придется открывать занавешенную тканью дверь или форточку.

Такая подготовка квартиры (дома) необходима потому, что в случае радиоактивного заражения после выхода из убежища или противорадиационного укрытия придется провести в помещении некоторое время — до получения соответствующего распоряжения органов гражданской обороны.

Светомаскировка

Получив распоряжение о светомаскировке, немедленно закройте все световые проемы в жилых, административных, промышленных, торговых и других зданиях светозащитными устройствами: шторами, ставнями или щитами. На лестничных клетках, в вестибюлях и других местах, где трудно обойтись без освещения,

можно использовать специальные лампы или осветительную арматуру. В помещении с обычным освещением наружные двери необходимо оборудовать тамбурами или занавесить шторами.

Качество светомаскировки квартиры, дома, производственного, административного здания и т. д. необходимо проверить, осмотрев окна и двери здания с улицы.

Уходя из квартиры, дома или другого помещения, не забывайте гасить свет.

Защита продовольствия и воды от заражения

Основной способ защиты продовольствия и воды от заражения — их изоляция от внешней среды. Поэтому герметизация квартир, домов, кладовых и хранилищ уже создает определенную степень защиты.

Заверните продукты в пергамент, целлофан и уложите в защитные мешки из прорезиненной ткани или полиэтиленовой пленки, в деревянные или фанерные ящики, выложенные внутри плотной бумагой, в бочки с плотно пригнанными крышками. Можно использовать для этих целей также холодильники, различную домашнюю посуду (рис. 28).



Рис. 28. Защитная упаковка продуктов питания и питьевой воды

Для защиты воды и жидких продуктов используйте посуду с хорошо пригнанными крышками, сосуды с притертыми пробками — термосы, банки, бутылки. Свежие овощи и картофель надежнее хранить в подвале, погребе, подполье.

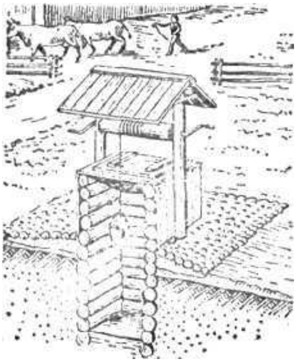


Рис. 29. Защита колодца от попадания радиоактивной пыли

Чтобы защитить открытые колодцы, вокруг верхней части сруба делают глиняный замок толщиной до 50 см и шириной до 1,5—2 м и на него насыпают слой щебня, гравия или гальки толщиной до 10 см. Над колодцем нужно построить будку или навес, а сруб закрыть плотной крышкой (рис.29).

Защита сельскохозяйственных животных

Основным и наиболее надежным способом защиты сельскохозяйственных животных является укрытие их в герметизированных помещениях.

Имеющиеся в помещении щели заделывают глиняным или цементным раствором, двери и окна обивают синтетической пленкой или толем. Где нет рам, оконные проемы нужно заложить кирпичом или мешками с грунтом; часть окон можно закрыть деревянными щитами (рис. 30). В вентиляционные трубы вставляют

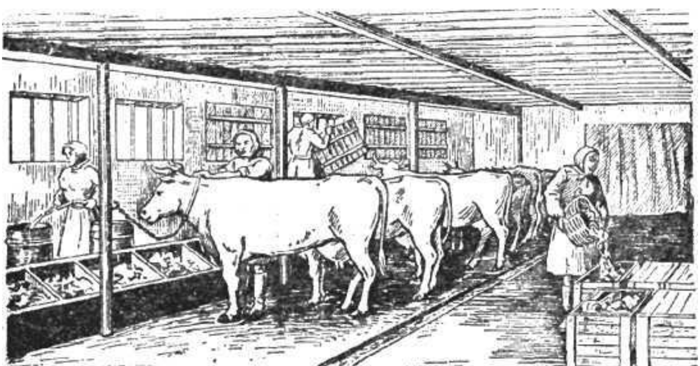


Рис. 30. Подготовка животноводческого помещения

простейшие фильтры из мешковины, опилок, сена или мха. На входных отверстиях труб делают плотные деревянные задвижки.

Колодцы герметизируют, водопойные корыта и все емкости для кормления животных закрывают плотными деревянными или другими крышками.

В помещениях создается запас кормов и воды на 5—7 суток. Запасы, хранящиеся вне помещений, укрывают брезентом, пленкой, слоем соломы или веток толщиной не менее 15 см. Над стогами сена нужно сделать навесы. Сочные корма зарывают в специально подготовленные ямы и засыпают землей. Для хранения запасов воды пригодны любые плотно закрывающиеся емкости — цистерны, баки, бочки, чаны.

Находящихся на пастбищах животных следует подогнать ближе к фермам или естественным укрытиям — оврагам, балкам, лощинам. Укрытиями для них могут также служить поляны, прогалины, вырубки в лесу.

За посевами, пастбищами, водоемами и лесными массивами необходимо организовать наблюдение. Это поможет вовремя обнаружить радиоактивное или химическое заражение, а также пожары.

Осуществление противоэпизоотических мероприятий

При обнаружении у животных признаков заболевания (отказ от корма, повышение температуры тела, жажда, учащенное дыхание, дрожание мускулатуры) немедленно изолируйте их и сообщите об этом ветеринарному врачу или фельдшеру,

В хозяйствах, где выявлены больные животные, устанавливается карантин. Помните, что во время карантина запрещается какое-либо перемещение животных внутри хозяйства, вывоз необеззараженных продуктов животноводства, ввод новых животных, проезд через зону карантина, вход на территорию животноводческой фермы посторонним. Остатки корма больных животных, подстилки и навоз уничтожаются. По указанию ветеринарного врача (фельдшера) дезинфицируют помещения, обеззараживают территорию и предметы ухода за животными.

При уходе за больными животными необходимо строго соблюдать правила личной гигиены: после работы обязательно мыть руки и лицо водой с мылом или при-

нимать душ; работать только в спецодежде (халат, резиновые сапоги, головной убор или косынка), содержать ее в чистоте и дезинфицировать. У входа в животноводческое помещение и на ферму должны быть дезинфекционные коврики из опилок или соломенных матов, смоченных дезинфицирующим раствором.

На животноводческих фермах и в помещениях необходимо уничтожать мышей, крыс, мух, клопов, блох, клещей как вероятных переносчиков инфекционных заболеваний.

Порядок эвакуации

В первую очередь возьмите с собой средства индивидуальной защиты, из вещей — только самое необходимое (одежду, обувь, нижнее и постельное белье, туалетные принадлежности). Нужно также иметь небольшой запас продуктов, лучше всего таких, которые не портятся и не требуют приготовления, а также самые необходимые медикаменты.

Вещи и продукты уложите в рюкзак или мешок, удобный для переноски. Не забудьте подобрать обувь, удобную для ходьбы. На каждый чемодан, рюкзак или мешок прикрепите бирку с указанием своей фамилии, адреса постоянного места жительства и места эвакуации.

Необходимо иметь при себе паспорт, военный билет, документы об образовании и специальности, трудовую книжку, свидетельства о рождении детей (рис. 31).

Когда все будет приготовлено, выключите электроприборы, свет, закройте квартиру и сдайте ключи в

К установленному времени следует прибыть с вещами на сборный эвакуационный пункт. Там вас зарегистрируют и укажут транспорт или колонну, в составе которой предстоит следовать в пункт назначения.

В пути следования необходимо соблюдать дисциплину и организованность. При эвакуации на транспортных средствах выполняйте все указания начальников поездов, автоколонн, капитанов судов. На остановках самовольно не выходите. Следуя в пешем порядке, соблюдайте свое место в колонне, выполняйте все команды и сигналы, оказывайте помощь отстающим.

В пункте размещения в загородной зоне вам укажут место жительства. Будет организовано снабжение продо-

вольственными и промышленными товарами первой необходимости, а также коммунально-бытовое и медицинское обслуживание. В свою очередь вы обязаны выпол-

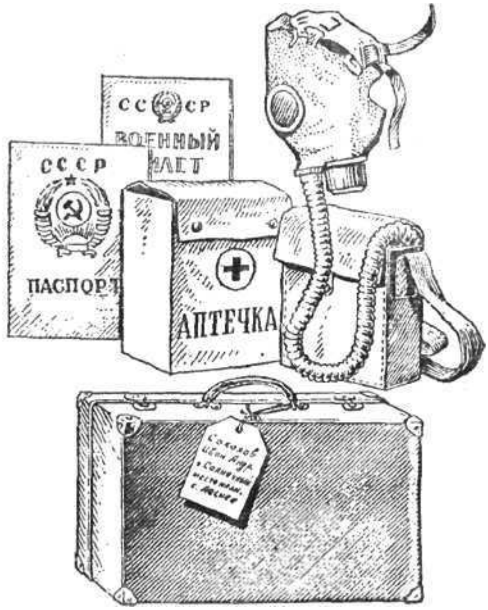


Рис. 31. Предметы, которые следует взять с собой при эвакуации

нять все распоряжения местных партийных и советских органов и активно включиться в трудовую деятельность.

Глава IV

СИГНАЛЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ДЕЙСТВИЯ ПО НИМ

Услышав сигнал оповещения гражданской обороны, действуйте быстро, но без паники. Помните: в этих условиях дорога каждая минута.

Запомните сигналы оповещения гражданской обороны:
«Воздушная тревога»;
«Отбои воздушной тревоги»;
«Радиационная опасность»;
«Химическая тревога».

Сигнал «Воздушная тревога»

Сигнал «Воздушная тревога» подается для всего населения в случае непосредственной угрозы нападения противника. Для его подачи в городах и населенных пунктах включаются сирены, одновременно диктор в течение 2—3 мин объявляет по радио: «Внимание! Внимание! Граждане! Воздушная тревога! Воздушная тревога!». Сигнал повторяется несколько раз и повсеместно дублируется прерывистыми гудками на предприятиях и на транспорте.

По этому сигналу население обязано немедленно укрыться в защитных сооружениях.

Если сигнал застал вас дома, немедленно выключите нагревательные приборы, газ, погасите огонь в печи. Оденьте детей, возьмите средства индивидуальной защиты, аптечку, документы, необходимые вещи, запас продуктов и воды, выключите наружное и внутреннее освещение и быстро следуйте в убежище (укрытие). Если есть возможность, предупредите соседей об объявлении тревоги (они могли не слышать сигнала).

Если сигнал застал вас на работе, выполните мероприятия, предусмотренные на этот случай специальной инструкцией предприятия (цеха), и как можно быстрее займите место в убежище. Если покинуть рабочее место из-за продолжающегося технологического процесса нельзя, используйте специальное укрытие вблизи рабочего места.

Если сигнал застал вас в общественном месте, спокойно выслушайте указание администрации о том, где можно укрыться, и следуйте в указанное место.

Если сигнал застал вас на улице, необходимо укрыться в ближайшем защитном сооружении. Если вы находитесь в движущемся транспорте, дождитесь его остановки, затем выйдите и пройдите в находящееся рядом защитное сооружение.

Во всех учебных заведениях по сигналу «Воздушная тревога» занятия немедленно прекращаются. Учащиеся, студенты, постоянный персонал укрываются в защитных сооружениях.

Во всех остальных случаях действия по сигналу «Воздушная тревога» определяются соответствующими начальниками гражданской обороны.

Всегда соблюдайте установленный порядок занятия защитных сооружений. Проходя в защитное сооружение, не задерживайтесь у входа. Дети, престарелые люди, инвалиды пропускаются в первую очередь. Помните, что время, отведенное для занятия защитных сооружений, крайне ограничено и по истечении установленного срока входы в сооружения закрываются.

Если вы не успели занять защитное сооружение, можно укрыться в подвальных помещениях, подземных переходах, производственных тоннелях и тоннелях для пропуска транспорта, приямках и подземных коллекторах. При отсутствии поблизости подземных сооружений используйте для защиты траншеи, канавы, котлованы, овраги, балки, лощины, ямы и другие искусственные и естественные укрытия на местности. В этих случаях, а также если вы находитесь в негерметизированном защитном сооружении, обязательно наденьте средства индивидуальной защиты.

В сельской местности работники животноводческих ферм по сигналу «Воздушная тревога» загоняют скот в загерметизированные помещения или используют для его защиты естественные укрытия (овраги, балки, лощины).

Поддержание заранее установленного порядка действий по сигналу «Воздушная тревога» обеспечивают органы милиции и дружинники (формирования охраны общественного порядка).

Сигнал «Отбой воздушной тревоги»

Сигнал «Отбой воздушной тревоги» подается органами гражданской обороны по радиотрансляционным сетям, через местные радио- и телевизионные станции и

с помощью передвижных громкоговорящих установок. Для передачи отбоя также используются заранее установленные местные звуковые и световые сигналы.

С помощью сохранившихся радиотрансляционных сетей и других средств будут передаваться объявления о дальнейших действиях населения в очаге поражения.

Сигнал «Радиационная опасность»

Сигнал «Радиационная опасность» подается с помощью всех местных технических средств связи и оповещения при непосредственной угрозе* радиоактивного заражения территории или при обнаружении такого заражения. Сигнал дублируется звуковыми и световыми средствами.

Услышав сигнал, наденьте противогаз, а при его отсутствии — респиратор (противопыльную тканевую маску, ватно-марлевую повязку), возьмите подготовленный запас продуктов и воды, медикаменты, предметы первой необходимости и следуйте в убежище или противорадиационное укрытие. В случае их отсутствия наиболее надежной защитой от радиоактивного заражения могут служить подвалы, каменные постройки.

Если обстоятельства вынудили вас укрыться в квартире или в производственном помещении, не теряя времени, проверьте их герметизацию.

Выходить из убежищ и укрытий можно только с разрешения местных органов гражданской обороны.

В том случае, если вы находитесь на зараженной местности или вам предстоит преодолевать участок заражения, не забудьте принять радиозащитное средство № 1 из аптечки индивидуальной согласно инструкции, вложенной в аптечку, и наденьте средства индивидуальной защиты.

В сельских районах следует загнать животных в подготовленные для длительного содержания скота и заранее загерметизированные помещения и проверить качество герметизации этих помещений, а также проверить, как защищены от радиоактивного заражения склады, кладовые, погреба с запасами продовольствия и кормов, колодцы и т. д. (рис. 32).

* Под непосредственной угрозой радиоактивного заражения следует понимать вероятность радиоактивного заражения данной территории в течение часа.

Сигнал «Химическая тревога»

Сигнал «Химическая тревога» подается при угрозе или обнаружении химического или бактериологического заражения. На местах сигнал дублируется звуковыми и световыми средствами.

По этому сигналу нужно быстро надеть противогаз, средства защиты кожи (при отсутствии табельных средств используйте пленочные материалы, плащи типа болонья, резиновые сапоги, перчатки и др.) и укрыться в защитном сооружении. При химическом заражении (в случае предстоящей работы на зараженной территории или преодоления участка заражения) примите антидот, а в случае бактериологического заражения — противобактериальное средство № 1 из аптечки индивидуальной. Если защитного сооружения поблизости нет, то в качестве укрытия от поражения аэрозолями отравляющих веществ и бактериальных средств можно использовать жилые, производственные и подсобные помещения.

Если вы оказались в очаге химического поражения, постарайтесь быстро выйти из него. Направление выхода укажут представители органов гражданской обороны; если их вблизи не окажется, выходите перпендикулярно направлению ветра.

Выход из очага бактериологического поражения разрешается организованно и только после получения документа о прохождении обсервации.

Сельскохозяйственных животных по сигналу «Химическая тревога» нужно загнать в заранее подготовленные помещения, обеспечить их кормами и водой, проверить еще раз герметизацию помещений.

О том, что опасность химического или бактериологического заражения миновала, и о порядке дальнейших действий вас известят по каналам связи и оповещения.

Будьте внимательны и выполняйте распоряжения органов гражданской обороны.

Глава V

ДЕЙСТВИЯ В ОЧАГАХ ПОРАЖЕНИЯ И ПРИ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЯХ

Умелыми действиями в очаге поражения вы спасете себя и тех, кто окажется в беде.

Действуя в очаге поражения, не забывайте о мерах безопасности!

Действия при нахождении в защитном сооружении и вне его

Находясь в защитном сооружении, выполняйте все указания его коменданта (командира звена по обслуживанию убежищ). Соблюдайте установленный порядок. Держите наготове средства индивидуальной защиты.

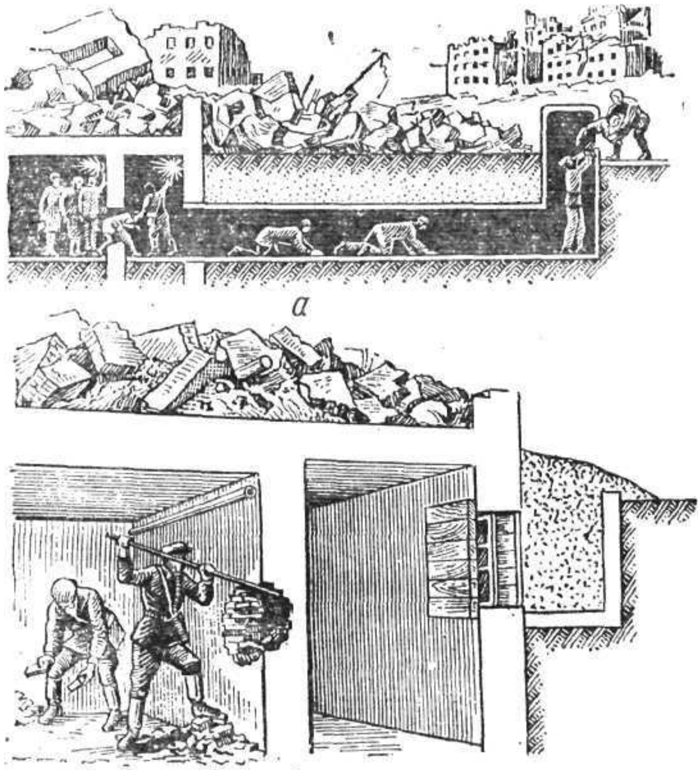
В защитных сооружениях запрещается шуметь, ходить без надобности, курить, зажигать без разрешения спички, свечи, керосиновые лампы, бросать пищевые отходы в неустановленных местах.

Следите за поведением детей в защитных сооружениях. Если возникнет необходимость надеть средства защиты органов дыхания, проверьте, чтобы дети правильно надели их. Контролируйте время пребывания детей в средствах защиты.

Если защитное сооружение окажется поврежденным, сохраняйте спокойствие и не создавайте паники; помните, что на помощь придут формирования гражданской обороны. Когда потребуется, включайтесь в работу по устранению повреждений или обеспечению выхода на поверхность (рис. 33).

Выходить из очага поражения нужно в направлении наименьших разрушений или уцелевших зданий, сооружений, лесонасаждений и т. д. Помните, что окружающие предметы могут быть заражены радиоактивными веществами, поэтому старайтесь не прикасаться к ним. Не подходите к поврежденным зданиям и сооружениям — они могут обрушиться.

Окажите помощь пострадавшим. Помогите вывести из очага поражения стариков, женщин, детей.



Рис, 33. Выход (вывод) людей из убежища при завале основного выхода:

а — через аварийный выход; б — пробивка проема в стене убежища в соседнее подвальное помещение

Действия при спасении людей из завалов и поврежденных защитных сооружений

Спасением людей, оказавшихся в завалах, в поврежденных убежищах и укрытиях, занимаются, как правило, воинские части и формирования гражданской обороны. Но к этой работе могут привлекаться и все трудоспособные граждане (рис. 34).

При спасательных работах прежде всего необходимо установить местонахождение пострадавших, для чего нужно тщательно осмотреть завалы, поврежденные и разрушенные здания, дорожные сооружения и другие

места, где могут находиться люди. Особое внимание следует обратить на подвалы, лестничные клетки, околостенные и угловые пространства этажей.



Рис. 34. Ведение спасательных работ в очаге поражения

При этом не забывайте о мерах безопасности! Не ходите без надобности по завалам, не входите в поврежденные здания, если стены грозят обвалом, не прикасайтесь к оголенным проводам и т. д.

Для освобождения людей, засыпанных близко к поверхности, завал нужно разобрать сверху вручную. Если пострадавшие находятся в глубине завала, то следует проделать проход сбоку завала, используя для этого пустоты и щели, или разобрать с помощью техники завал сверху. Разбирая завал, действуйте осторожно, чтобы не нанести дополнительных повреждений оказавшимся под ним людям. В первую очередь старайтесь освободить голову и грудь пострадавшего (рис. 35). После извлечения из завала пострадавшему нужно оказать первую медицинскую помощь.

Обнаружив поврежденное защитное сооружение, постарайтесь установить связь с находящимися в нем людьми, определить их состояние и степень поврежде-



Рис. 35. Извлечение пострадавшего, придавленного обломками на поверхности завала

ния фильтровентиляционного оборудования. Если связи нет, в первую очередь необходимо подать в сооружение воздух. Для этого нужно расчистить заваленные воздухозаборные устройства или, если они окажутся неисправными, пробить отверстие в стене (рис. 36).

Место нахождения оголовка или люка аварийного выхода, а также входа в защитное сооружение определяется посредством выкопировок из плана расположения сооружения или путем опроса (с помощью сигналов) укрывшихся в сооружении людей. Для откопки входа или аварийного выхода используется техника — бульдозеры, экскаваторы.



Рис. 36. Пробивание отверстия в стене убежища

Если аварийного выхода нет (или он находится под высоким завалом), а входы сильно завалены, следует пробить стены или в крайнем случае перекрытие сооружения (рис. 37). Делается это в том месте, где завал имеет наименьшую высоту. Для пробивки отверстий в стенах или перекрытии применяются электрические и пневматические отбойные молотки, бетоноломы, ручные ломы и другой инструмент.

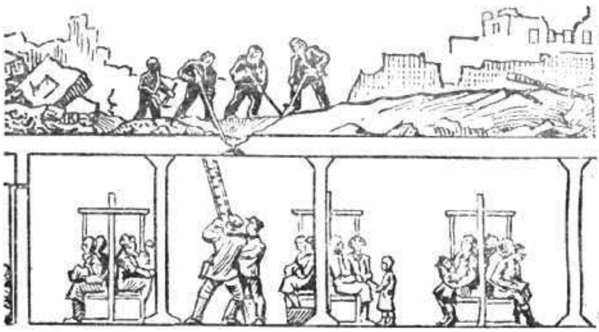


Рис. 37. Пробивание отверстия в перекрытии убежища

Если техника отсутствует или ее использование затруднено, заваленное защитное сооружение нужно откапывать вручную (рис. 38). В этих случаях в первую очередь и понадобится ваша помощь.

Во время ведения спасательных работ целесообразно разделиться на небольшие группы (по 3—4 человека). Одна группа разбирает обломки и укрепляет проход, другая заготавливает и подносит крепежный материал, третья выносит извлекаемые из завала обломки.

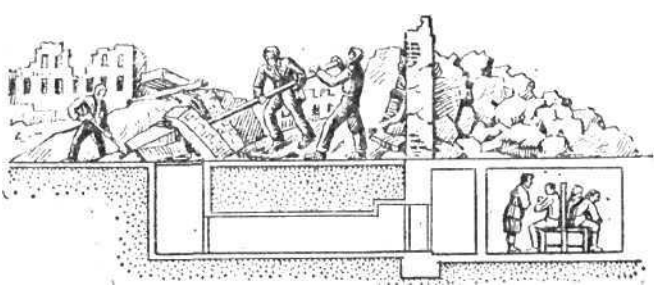


Рис. 38. Откапывание оголовка лаза в убежище

При работе не забывайте увлажнять грунт. Это предохранит вашу одежду от попадания на нее радиоактивной пыли.

Оказание первой медицинской помощи (самопомощи и взаимопомощи) пострадавшим

Оказание первой медицинской помощи пострадавшим осуществляют санитарные дружины, но и вы должны знать основные приемы самопомощи и взаимопомощи.

Чтобы предохранить рану или ожог от заражения и загрязнения, наложите повязку. Используйте для этого индивидуальный перевязочный пакет, бинт, чистое белье, салфетку, кусок материи и т. п.

Сильное пульсирующее кровотечение нужно остановить с помощью жгута или закрутки (рис. 39). Прежде всего прижмите артерию пальцем к кости выше раны, чтобы остановить кровотечение, затем, не отнимая пальца, наложите жгут или закрутку. Жгут или закрутку нельзя накладывать на голое тело (сделайте мягкую подкладку из куска ткани), а также держать более 1,5—2 ч (зимой — 1 ч). Не забудьте вложить под повязку записку с указанием времени наложения жгута (закрутки), чтобы не передержать его более указанного срока.

Если жгут или закрутку наложить нельзя, нужно прижимать артерию пальцами до тех пор, пока раненый не будет доставлен в лечебное учреждение, где примут меры к окончательной остановке кровотечения.

При переломах и вывихах необходимо обеспечить неподвижность поврежденных костей. Если повреждена конечность, следует прибинтовать к ней шину (доску, палку, полоску фанеры). Шину накладывайте так, чтобы она захватывала суставы ниже и выше места перелома кости. Между шиной и телом следует положить прокладку из ваты, пакли, листьев, мха и т. п. Если перелом открытый, необходимо прежде наложить на место ранения повязку, а затем прокладку. В крайнем случае поврежденную ногу прибинтуйте к здоровой; если повреждена рука, ее можно прибинтовать к туловищу (рис. 40).

В случае глубокого обморока, а также при резком ослаблении или остановке дыхания пострадавшему нужно делать искусственное дыхание.

Наиболее эффективный метод искусственного дыхания — «рот в рот» (рис. 41) — основан на активном

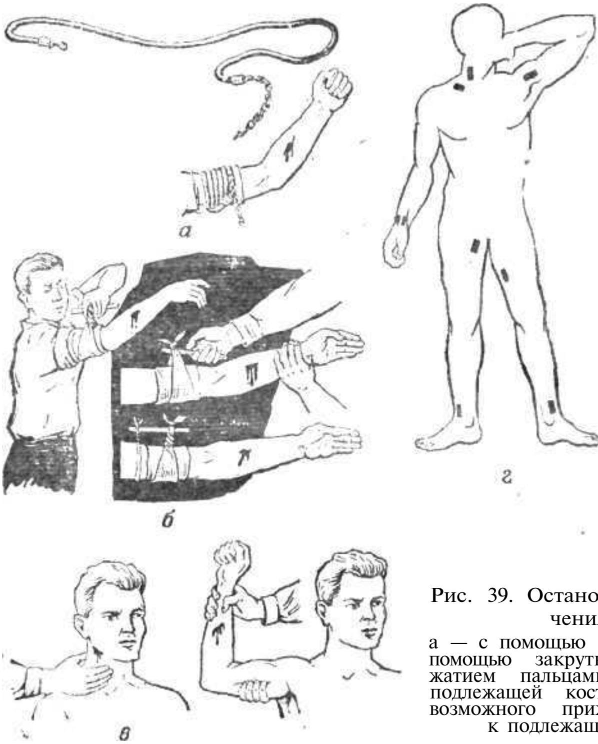


Рис. 39. Остановка кровотечения;

а — с помощью жгута; б — с помощью закрутки; в — прижатием пальцами артерии к подлежащей кости; *г* — места возможного прижатия артерий к подлежащей кости

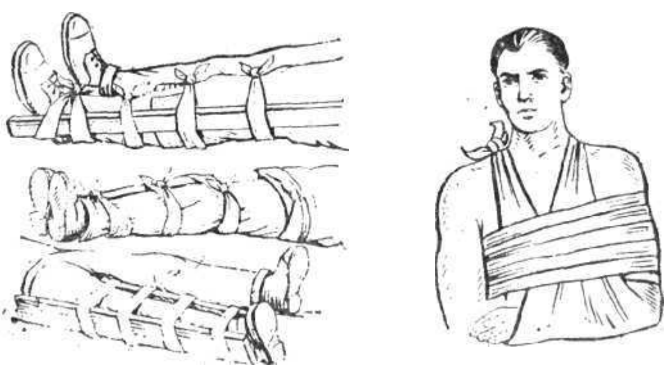


Рис. 40. Способы иммобилизации при переломах



Рис. 41. Искусственное дыхание методом «рот в рот» и массаж сердца

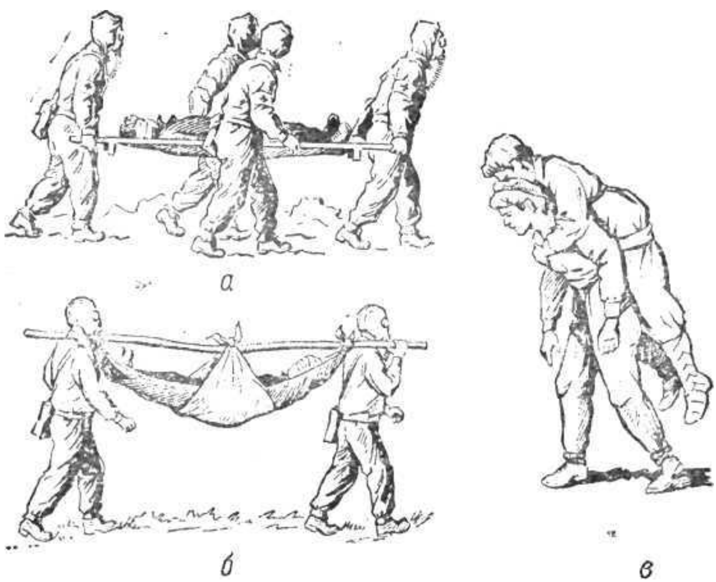


Рис. 42. Способы переноски пострадавших:
а — на носилках; б — с помощью подручных средств; *в* — на себе

вдувании воздуха в легкие пострадавшего (активный вдох) и пассивном выдохе. При ослаблении сердечной деятельности одновременно проводится наружный массаж сердца путем ритмичных надавливаний в области грудины.

После оказания первой медицинской помощи пострадавшего необходимо доставить в ближайший медицинский пункт. Это можно сделать с помощью носилок или используя лямки и другие подручные средства, а также перенести пострадавшего на себе (рис. **42).**

Действия в очаге химического поражения

По зараженной территории идите быстро, но старайтесь не поднимать пыли. Помните, чем скорее вы покинете зараженную местность, тем меньше опасность заражения.

При движении не прикасайтесь к окружающим предметам, не наступайте на видимые капли отравляющих веществ. На зараженной территории ни в коем случае нельзя снимать средства защиты, курить, принимать пищу, пить воду.

При обнаружении на коже, одежде, обуви, средствах защиты капель отравляющих веществ обработайте эти места жидкостью из противохимического пакета. Для этого вскройте оболочку пакета, отвинтите крышку флакона и, обильно смочив раствором тампон, тщательно протрите им зараженные участки кожи (шею, кисти рук), а также наружную поверхность маски надетого противогаза. Если требуется протереть лицо, помните, что раствор не должен попадать в глаза. Затем смочите еще один тампон и протрите воротник, манжеты и другие зараженные участки одежды.

После выхода из района заражения необходимо пройти санитарную обработку.

Действия в очаге бактериологического поражения

Оказавшись в очаге бактериологического поражения, выполняйте все указания медицинских работников и администрации. Если необходимо, проведите дезинфекцию квартиры, мест общего пользования, мебели, посуды, одежды, обуви, постельных принадлежностей и т. д., а сами пройдите санитарную обработку.

Ни в коем случае не уклоняйтесь от профилактических прививок и приема лекарств, предупреждающих заболевание.

Истребляйте переносчиков инфекционных заболеваний: мышей, крыс, мух, блох, клещей.

В населенных пунктах и на объектах народного хозяйства, где возникли очаги особо опасных инфекций, вводится специальный режим — карантин. В случае выявления менее опасных заболеваний устанавливается обсервация.

Строго соблюдайте все правила поведения в период карантина или обсервации!

Запрещается покидать пределы района, в котором объявлен карантин. Выходя из дома, надевайте противогаз, респиратор, противопыльную тканевую маску или ватно-марлевую повязку. Старайтесь избегать контактов с окружающими. Не разрешайте детям выходить из помещения.

Проводя ежедневную уборку, обязательно используйте дезинфицирующие растворы. Тщательно соблюдайте меры личной и общественной гигиены. Перед едой мойте руки водой с мылом.

Используйте воду только из проверенных источников. Нельзя пить сырую воду и некипяченое молоко! Продукты в пищу следует употреблять только после кипячения или прожаривания (пропаривания); храните их в плотно закрытой посуде. Хлеб обжигайте на огне или прогревайте в духовке, печке.

Если в вашей семье кто-то заболел, до прибытия медицинского персонала примите меры к изоляции его от других членов семьи и соседей. Для этого поместите его в отдельную комнату или отгородите кровать больного ширмой, шкафом. Если вы не можете сами установить характер болезни, действуйте так, как следует действовать при инфекционных заболеваниях.

До проведения дезинфекции и санитарной обработки нельзя снимать средства защиты, есть и пить. Не курите! Старайтесь не прикасаться к окружающим предметам.

Действия на местности, зараженной радиоактивными веществами

Порядок действий и правила поведения людей в зараженном районе определяются органами гражданской обороны, которые сообщают о характере радиационной обстановки и разъясняют, как нужно действовать.

При умеренном заражении необходимо находиться в противорадиационном укрытии от нескольких часов до суток, а затем можно перейти в обычное помещение. При входе в помещение не забудьте очистить обувь и одежду от радиоактивной пыли. Выход из помещения в первые сутки разрешается не более чем на 4 ч. Предприятия и учреждения продолжают работу в обычном режиме.

При сильном заражении находиться в укрытии нужно до трех суток; в последующие четверо суток допустимо пребывание в обычном помещении, выходить из него можно не более чем на 3—4 ч в сутки. Предприятия и учреждения работают по особому режиму, при этом работы на открытой местности прекращаются на срок от нескольких часов до нескольких суток.

В случае опасного заражения продолжительность пребывания в укрытии составляет не менее трех суток, после чего можно перейти в обычное помещение, но выходить из него следует только при крайней необходимости и на непродолжительное время.

В период выпадения радиоактивных осадков следует находиться в укрытиях.

Находясь вне укрытия, надо помнить, что местность и все предметы на ней заражены радиоактивными веществами. При наличии в воздухе пыли нужно пользоваться средствами защиты органов дыхания.

Воду для питья и приготовления пищи можно брать только из водопровода и защищенных колодцев. Вода в открытых водоемах, покрытых толстым слоем льда, также не представляет опасности.

Не пользуйтесь водой из открытых водоемов. В случае крайней необходимости в 2—3 м от берега водоема нужно отрыть яму, в нее просочится вода, которая, профильтровавшись через слой грунта, станет пригодной для использования.

Нельзя употреблять молоко от животных, которые паслись на зараженных пастбищах. Лучше используйте консервированное молоко (сухое или сгущенное).

Продукты питания, хранившиеся в холодильниках, кухонных столах, шкафах, подполье, в стеклянной и эмалированной посуде, в полиэтиленовых мешках, пригодны к употреблению. Картофель, морковь и другие корнеплоды, зараженные радиоактивными веществами, следует тщательно вымыть и очистить. После этого их можно употреблять в пищу.

Помните, что радиоактивному заражению подвергаются лишь верхние слои продуктов. Ни в коем случае не уничтожайте продовольствие, зараженное радиоактивными веществами! После удаления верхнего слоя или спустя некоторое время вследствие естественной дезактивации оно станет пригодным к употреблению.

Использование продуктов, зараженных радиоактивными веществами, допускается только с разрешения органов здравоохранения.

В сельской местности нельзя выгонять скот на зараженное пастбище, а также давать ему зараженные радиоактивными веществами корм и воду.

Действия в условиях пожара

При пожаре наибольшую опасность для людей представляют высокая температура воздуха, задымленность, концентрация окиси углерода, возможное обрушение зданий и сооружений. Помните об этом при борьбе с пожаром и при спасении пострадавших.

Особенно быстро следует действовать в зданиях, охваченных огнем. Если для спасения людей нужно пройти через горящее помещение, накройтесь с головой мокрым одеялом, плотной тканью или верхней одеждой. Дверь в задымленное помещение открывайте осторожно, иначе быстрый приток воздуха вызовет вспышку пламени. Через сильно задымленное помещение лучше двигаться ползком или пригнувшись. Войдя в помещение, где могут быть люди, окликните их. Отыскивая пострадавших, помните, что дети от страха часто прячутся под кровать, в шкаф, забиваются в угол и другие места.

Если пострадавший не может двигаться самостоятельно, помогите ему выйти или вынесите его из угрожаемой зоны. При этом пострадавшего нужно накрыть сырым одеялом, простыней, плащом, пальто и т. д.

Если во время пожара на ком-нибудь загорится одежда, ни в коем случае нельзя бежать — это еще больше раздувает огонь. Надо постараться сбить пламя, набросив на горящую одежду одеяло, покрывало, пальто и т. д. Этим вы прекратите приток воздуха и быстрее погасите огонь. Можно также сбить пламя, катаясь по земле.

После того как люди будут выведены из опасной зоны, необходимо оказать пострадавшим первую помощь и отправить их в ближайший медицинский пункт.

При тушении пожара прежде всего следует остановить распространение огня. Затем нужно гасить огонь в местах наиболее интенсивного горения, при этом струю воды надо подавать не на пламя, а на горящую поверхность. Если горит вертикальная поверхность, струю нужно направлять сверху вниз.

Небольшой очаг огня в доме (квартире) следует залить водой или чем-либо накрыть (лучше всего тяжелой мокрой тканью).

Горючие жидкости при загорании надо тушить пенообразующими составами, засыпать песком или землей, а если очаг небольшой — накрыть тяжелой тканью, одеждой и т. п.

Если загорелась изоляция электрических проводов, в первую очередь необходимо проверить, не находятся ли провода под напряжением. Тушить огонь можно только после того, как будут вывернуты пробки, выключен рубильник, то есть отключена подача тока.

Научитесь пользоваться ручными огнетушителями. Ручной углекислотный огнетушитель (рис. 43) нужно поднести как можно ближе к очагу горения, направить раструб на огонь и открыть запорный вентиль, вращая маховичок против хода часовой стрелки. У ручного пенного огнетушителя ОП-5 (рис. 44) рукоятку следует поднять вверх и перекинуть до отказа, затем перевернуть огнетушитель вверх дном и направить струю пены на горящую поверхность.

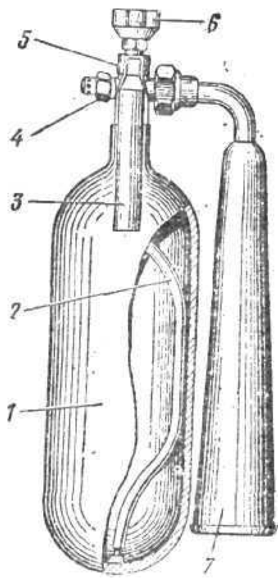


Рис. 43. Устройство углекислотного огнетушителя; 1 — баллон; 2 — сифонная трубка; 3 — рукоятка; 4 — предохранитель; 5 — вентиль; 6 — маховичок; 7 — раструб

Жителям сельской местности необходимо знать основные правила борьбы с лесными пожарами.

При тушении лесных низовых пожаров (горят травяной покров, валежник, порубочные остатки) забрасывайте огонь землей, сбивайте пламя ветками, мешковиной и другими подходящими для этой цели предметами.

Чтобы остановить подземные (торфяные) пожары, роют канавы шириной не менее 1 м и глубиной до минерального слоя или уровня грунтовых вод.

При тушении лесных пожаров, особенно подземных, подгоревшие деревья спиливают или рубят по направ-

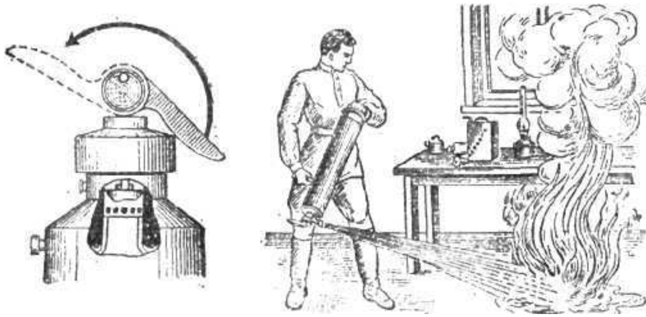


Рис. 44. Приведение в действие огнетушителя ОП-5

лению пожара. Необходимо соблюдать осторожность, чтобы не провалиться в подгоревший грунт.

Выходить из зоны лесного пожара нужно в наветренную сторону, используя открытые пространства (поляны, просеки, дороги, реки и т. д.), а также участки лиственного леса.

Особые трудности вызывает борьба с зажигательными веществами — напалмом, пирогелем и др. Попадание горящей зажигательной смеси на кожу вызывает тяжелые ожоги. При попадании небольшого количества такой смеси нужно накрыть обожженное место мокрой тканью (рукавом, полой одежды) или положить на него влажную глину, мокрый песок. В более тяжелых случаях следует снять с пострадавшего одежду, а если это невозможно, пораженные места плотно накрыть тканью, обильно полить водой или погрузить в воду, засыпать влажным песком или землей.

Действия при стихийных бедствиях

Вы должны знать, как нужно действовать в случае стихийных бедствий.

При наводнении для спасения людей, животных и материальных ценностей используются все имеющиеся плавучие средства общественного и индивидуального

пользования — теплоходы, баржи, катера, баркасы, паромы, лодки и т. д. Для спасения пострадавших необходимо иметь на плавучих средствах достаточное количество приспособлений (трапы, сходни, спасательные круги, пояса, лестницы, канаты, багры), а для их посадки и высадки — оборудовать временные причалы. Если имеются подручные материалы, можно изготовить простейшие плавучие средства — плоты, паромы.

Для сооружения небольших плотов (на одного-двух человек) применяются доски, бревна, автомобильные камеры (2 камеры на одного человека), связанные веревками или проволокой (рис. 45). Для плотов на 6—8 человек целесообразно использовать бочки (рис. 4G); их закрепляют в опорных рамах из тонких бревен, жердей или досок, рамы соединяют между собой веревками или проволокой. Между рядами бочек делают настил. Вместо бочек можно использовать бидоны, бурдюки, различные поплавки (последние набиваются соломой, стружкой, сухими листьями, камышом, хворостом). Сухой камыш или хворост, связанный в пучки, может служить самостоятельным плавучим средством.

Паромы строятся из толстых бревен или брусьев и предназначаются в основном для перевозки материаль-

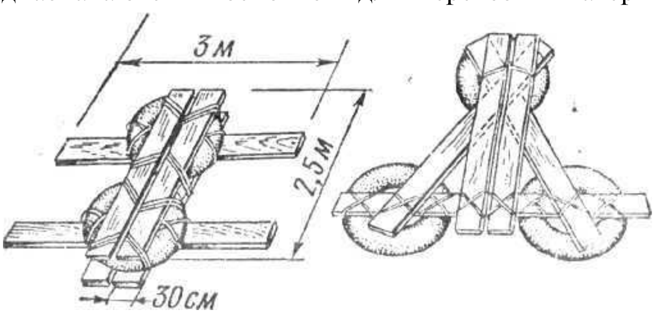


Рис. 45. Плот из автомобильных камер

ных ценностей и животных. Для сооружения паромов пригодны также лодки, на которые в этом случае укладывается настил из бревен (брусьев) и досок (рис.47).

Для ведения спасательных работ при наводнениях оборудуются пункты переправы, на которых создается комендантская служба.

Выполняйте все требования комендантской службы, чтобы не подвергать опасности свою жизнь и жизнь тех, кто оказывает вам помощь.

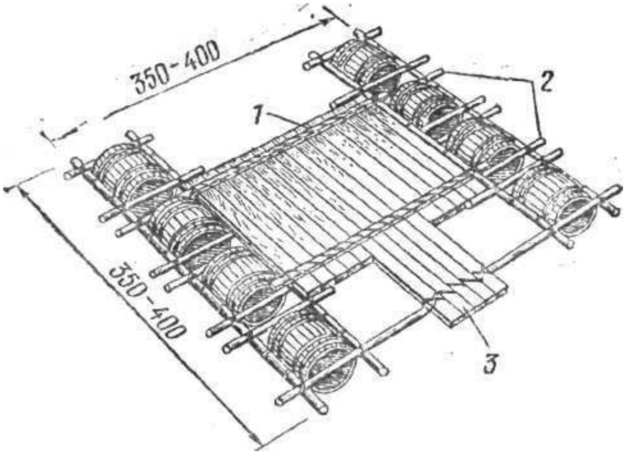


Рис. 46. Плот на деревянных бочках для переправы 6—8 человек:
1 — пажилина; 2 —рама: *3* — сходня

В случае **землетрясения**, если оно застало вас в помещении, немедленно покиньте здание. Если выйти невозможно, встаньте в дверном или оконном проеме. Находясь на улице, постарайтесь как можно быстрее отойти от зданий и сооружений в направлении широких улиц, площадей, спортивных площадок, пустырей и других незастроенных участков.

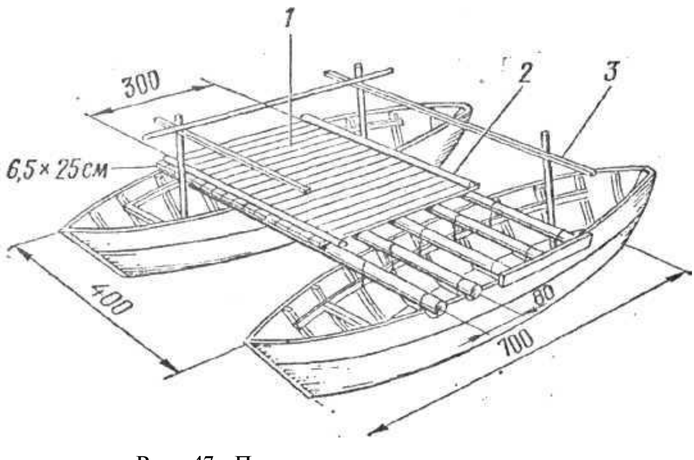
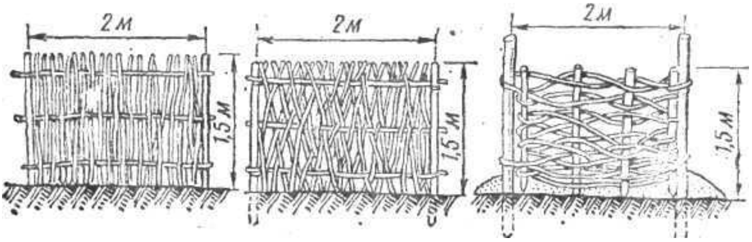


Рис. 47. Паром на двухместных лодках:
1 — настил; *2* — пажилина; *3* — поручень

При угрозе селя на пути его движения к населенным пунктам укрепляются плотины, возводятся насыпи и временные подпорные стенки, устраиваются селевые ловушки, роются отводные каналы и т. д. Долг каждого — по мере возможности участвовать в этих работах.

Для предотвращения снежных заносов устраиваются снегозащитные заграждения. Это могут быть снежные валы и стенки, а также изгороди, изготовленные из местных подручных материалов, хворостяные или дощатые щиты (рис. 48).



Рис, 48. Снегозащитное заграждение (хворостяные щиты)

Устанавливая заграждения, учитывайте господствующее направление ветра. Заграждения ставятся с наветренной стороны дороги; наименьшее удаление их от края проезжей полосы 20 м. По мере заноса заграждений снегом их необходимо наращивать или поднимать и ставить на гребень снежного вала.

При приближении урагана подготовьте имеющиеся убежища, подвалы, подполья, погреба. Если позволит время, постройте простейшие укрытия.

Получив предупреждение об урагане, необходимо прекратить работы вне производственных зданий, закрепить оборудование, которое может пострадать от урагана, и спрятаться в убежищах (укрытиях).

Глава VI

ДЕЙСТВИЯ ПОСЛЕ ВЫХОДА ИЗ ОЧАГА ПОРАЖЕНИЯ

Своевременное и быстрое удаление с зараженных поверхностей радиоактивных веществ, обеззараживание отравляющих веществ и бактериальных средств значительно снижают поражающее воздействие на человека.

На одежде, обуви, средствах индивидуальной защиты и открытых участках тела могут оказаться радиоактивные, отравляющие вещества и бактериальные средства. Их необходимо удалить или обезвредить. Делать это можно только в специально отведенном месте и в определенном порядке.

Выйдя из зоны радиоактивного заражения, снимите накидку (плащ, пальто) и, встав спиной к ветру, вытряхните ее и повесьте на веревку или перекладину. Затем обметите радиоактивную пыль сверху вниз веником, щеткой, жгутом из сена или соломы или выбейте палкой (рис. 49). Обувь очистите от грязи и протрите

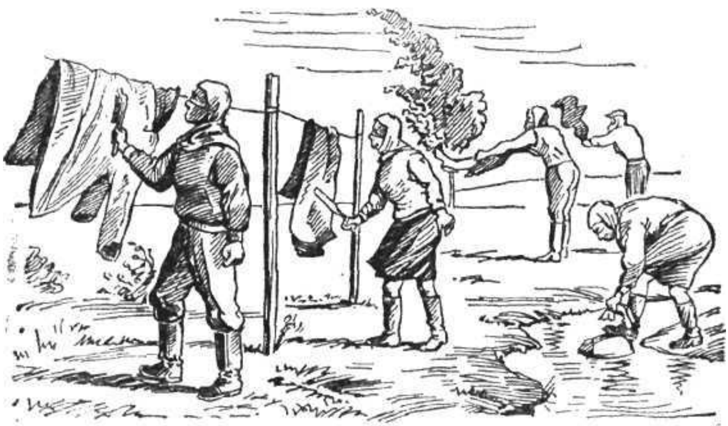


Рис. 49. Частичная дезактивация одежды и обуви

куском ткани или щеткой. Одежду и белье для обеззараживания можно прополоскать в проточной воде.

Закончив обеззараживание одежды и обуви, снимите противогаз и тщательно протрите его. Если вы пользова-

лись противопылыюй тканевой маской, хорошо вытряхните ее или постирайте. Ватно-марлевую повязку уничтожьте, так как удалить с нее радиоактивную пыль очень трудно. В последнюю очередь снимите перчатки.

После этого можно приступить к частичной санитарной обработке. Тщательно вымойте руки водой с мылом. Хорошо обработайте ногти, под которые могут попасть радиоактивные вещества. Затем обмойте лицо, при этом смываемая вода не должна попадать в глаза, рот и нос. Обмойте также те участки тела, которые оставались открытыми. Прополощите чистой водой рот и горло, промойте глаза.

Если воды нет, можно использовать жидкость из противохимического пакета: влажным полотенцем, носовым платком, тампонами из марли или ваты оботрите руки, лицо (но не глаза) и другие открытые участки тела.

Учтите, что частичная санитарная обработка не обеспечивает надежного обеззараживания. Поэтому при первой возможности необходимо пройти полную санитарную обработку. Она заключается в мытье всего тела теплой водой с мылом и проводится дома или на пунктах специальной обработки. Можно ограничиться купанием в реке или озере, если они находятся на незараженной территории.

Чтобы проверить полноту обеззараживания при санитарной обработке, следует пройти дозиметрический контроль.

Если вы вышли из зоны химического заражения, тщательно осмотрите себя и окружающих: нет ли капель отравляющих веществ на открытых участках кожи или на одежде. При обнаружении капель ОВ снимите их тампоном из противохимического пакета или ветошью, куском ткани, бумагой. Места, с которых удалены капли отравляющих веществ, быстро обработайте жидкостью из противохимического пакета. Затем нужно пройти полную санитарную обработку на одном из специальных пунктов гражданской обороны.

Запомните! Снимать противогаз и средства защиты кожи после выхода из зоны химического заражения можно лишь тогда, когда вы убедитесь, что в воздухе и на вашей одежде отравляющих веществ нет. В этом вам помогут формирования гражданской обороны.

Не забывайте, что зараженные радиоактивными и отравляющими веществами, а также бактериальными средствами территория, здания, оборудование, техника,

предметы домашнего обихода и т. д. являются источниками заражения.

Для очистки территории, зараженной радиоактивными веществами, мягкий грунт, где это необходимо, нужно либо срезать на 7—8 см, либо перепахать, либо засыпать слоем незараженной земли; дороги и площадки с твердым покрытием следует промести или промыть водой.

Удалить радиоактивные вещества из производственных помещений, с техники, оборудования (особенно с их гладких поверхностей) можно путем сметания их или смывания струей воды или растворами моющих порошков («Дои», «Эра», «Лотос» и др.). Применимы также растворители (бензин, керосин и др.).

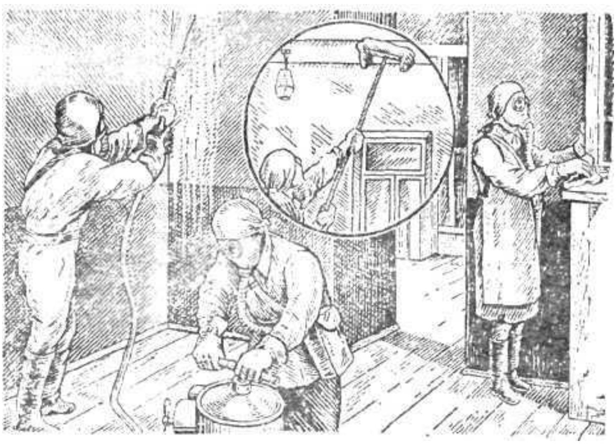


Рис. 50. Дезактивация жилого помещения

В квартире (доме) произведите влажную уборку (рис. 50): протрите влажной тряпкой или обмойте потолки и стены, шкафы, столы, стулья; мягкую мебель, прежде чем протереть влажной тряпкой, обработайте пылесосом. После этого вымойте полы, используя моющие средства.

В очаге химического поражения для обеззараживания можно использовать хлорную известь (в виде кашицы или осветленного раствора) или двутретиосновную соль гипохлорита кальция (в виде раствора). Для уничтожения зарина применяется также аммиачная вода.

В очаге бактериологического поражения используйте дезинфицирующие вещества: фенол, лизол, крезол, хлорную известь и т. д.

Предметы домашнего обихода (одежду, обувь, одеяла, подушки, ковры, скатерти и т. п.), оказавшиеся в зоне химического или бактериологического заражения, и средства защиты сдайте на специальные станции обеззараживания. Дегазацию и дезинфекцию хлопчатобумажной одежды и белья, а также посуды можно провести самому, для этого нужно прокипятить их в 2%-ном содовом растворе в течение 2 ч.

Соблюдайте меры предосторожности при проведении работ по обеззараживанию! Все работы проводите обязательно в средствах индивидуальной защиты, не снимайте их преждевременно. Осторожно обращайтесь с различными обеззараживающими растворами. Обтирочные материалы, использованные при обеззараживании, складывайте в специально отведенных местах. Использованную воду и растворы сливайте в канализацию или ямы-отстойники. Место слива обозначьте указателем с соответствующей надписью. Во время работы запрещается пить, принимать пищу, курить.

После окончания работы на зараженной местности *обязательно* пройдите полную санитарную обработку.

Эту Памятку необходимо знать всем — и взрослым, и детям.

Долг каждого гражданина Советского Союза — активно участвовать во всех мероприятиях гражданской обороны.

Помните, что организованность, строгое соблюдение правил поведения и решительные действия в очаге поражения — залог спасения жизни людей!

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Глава I. Защита населения — главная задача гражданской обороны	3
Современные средства поражения армий капиталистических государств	4
Глава П. Средства и способы защиты населения	9
Коллективные средства защиты	—
Защитные свойства местности	16
Простейшие способы зашиты	17
Средства индивидуальной защиты	—
Эвакуация	28
Глава III. Действия населения при угрозе нападения противника	29
Подготовка коллективных средств защиты	—
Подготовка средств индивидуальной защиты	—
Особенности организации защиты детей и обязанности взрослых	30
Противопожарные мероприятия	31
Защита квартиры (дома) от проникновения радиоактивной пыли и аэрозолей	32
Светомаскировка	—
Защита продовольствия и воды от заражения	33
Защита сельскохозяйственных животных	34
Осуществление противоэпизоотических мероприятий	35
Порядок эвакуации	36
Глава IV. Сигналы оповещения гражданской обороны и действия по ним	38
Сигнал «Воздушная тревога»	—
Сигнал «Отбой воздушной тревоги»	39
Сигнал «Радиационная опасность»	40
Сигнал «Химическая тревога»	42
Глава V. Действия в очагах поражения и при стихийных бедствиях	43
Действия при нахождении в защитном сооружении и вне его	—
Действия при спасении людей из завалов и поврежденных защитных сооружений	44
Оказание первой медицинской помощи (самопомощи и взаимопомощи) пострадавшим	48
Действия в очаге химического поражения	51
Действия в очаге бактериологического поражения	—
Действия на местности, зараженной радиоактивными веществами	52
Действия в условиях пожара	54
Действия при стихийных бедствиях	56
Глава VI. Действия после выхода из очага поражения	60

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА

Учебник

2014 г.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА

Под общей редакцией В.А. Пучкова

Рецензенты:

Гражданская оборона / Под общ. ред. В.А. Пучкова; МЧС России. — М.: _____________, 2014. — ____ с.

В учебнике изложены основы организации и ведения гражданской обороны Российской Федерации в современных условиях.

В книге приводятся анализ исторического опыта развития гражданской обороны в России; основные характеристики современных средств поражения; основы организации и ведения гражданской обороны.

Книга предназначена для работников органов управления ГОЧС, специалистов гражданской обороны, а также может быть использована в учебных заведениях при изучении вопросов гражданской обороны.

© МЧС России, 2014

Содержание

		Стр.
	Сокращения	7
	Предисловие	11
	Введение	13
	ЧАСТЬ 1. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ	31
Глава 1. Оружие массового поражения		31
1.1.	Ядерное оружие	31
	1.1.1. Понятие о ядерном оружии. Ядерные заряды и боеприпасы. Средства и способы применения ядерного оружия.	32
	1.1.2. Средства и способы защиты от поражающих факторов ядерного взрыва	38
1.2.	Химическое оружие	49
	1.2.1. Общие сведения о химическом оружии и отравляющих веществах	49
	1.2.2. Средства и способы применения отравляющих веществ и способы защиты от них	57
1.3.	Биологическое оружие	64
1.4.	Очаги поражения	68
	1.4.1. Характеристика очагов ядерного поражения	68
	1.4.2. Характеристика очагов химического поражения	71
	1.4.3. Характеристика очагов биологического поражения	73
	1.4.4. Характеристика очагов комбинированного поражения	76
	1.4.5. Характеристика зон затопления	78
Глава 2. Обычные средства поражения		81
2.1.	Обычные средства поражения	81
2.2.	Высокоточное оружие	83
	2.2.1. Общая характеристика ВТО	83
	2.2.2. Взгляды военно-политического руководства США и РФ на характер и способы применения высокоточного оружия	98
2.3.	Возможная обстановка при применении противником современных средств поражения	104
	2.3.1. Возможная радиационная обстановка в очагах поражения	104
	2.3.2. Возможная химическая обстановка в очагах поражения	106
	2.3.3. Возможная медицинская обстановка в очагах поражения	108
	2.3.4. Возможная пожарная обстановка в очагах поражения	113
	2.3.5. Возможная инженерная обстановка в очагах поражения	117
2.4.	Особенности применения средств поражения в современных военных конфликтах	119
Глава 3. Развитие нетрадиционных средств ведения войны		134
3.1.	Оружие на новых физических принципах	134
3.2.	Средства нелетального поражения людей	142
3.3.	Информационно-психологическое оружие	144
	3.3.1. Виртуальное информационно-психологическое оружие	147
	3.3.2. Энергоинформационное психологическое оружие	147
	3.3.3. Психотронно-информационное оружие	151
	3.3.4. Биоэнергоинформационное оружие	152

3.3.5. Информационно-генетическое оружие 153
3.3.6. Соматропно-психоинформационное оружие 155
3.3.7. Информационно - программное оружие 157

ЧАСТЬ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ 161

Глава 4. Основы организации гражданской обороны 161

4.1. Роль и место гражданской обороны в системе оборонных мероприятий 161
4.2. Задачи гражданской обороны 162
4.3. Структура гражданской обороны 169
4.4. Силы гражданской обороны 174
4.4.1. Спасательные воинские формирования МЧС России 176
4.4.2. Подразделения Государственной противопожарной службы 181
4.4.3. Аварийно-спасательные формирования 184
4.4.4. Спасательные службы 189
4.4.5. Нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне 196
4.4.6. Специальные формирования 196
4.5. Планирование мероприятий гражданской обороны 200
4.6 Организация взаимодействия 202
4.7. Государственный надзор в области гражданской обороны 207

Глава 5. Полномочия федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны 214

5.1. Правовые основы гражданской обороны Российской Федерации 214
5.2. Полномочия федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в области гражданской обороны 223
5.3. Полномочия органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в области гражданской обороны 228
5.4. Полномочия организаций в области гражданской обороны 234
5.5. Обязанности и права граждан Российской Федерации в области гражданской обороны 237

Глава 6. Организация управления, оповещения и связи 240

6.1. Основные принципы организации управления гражданской обороной 240
6.2. Органы управления гражданской обороны 245
6.3. Пункты управления гражданской обороны 249
6.4. Организация связи гражданской обороны 254
6.5. Система оповещения населения 260
6.6. Автоматизация процессов управления 264

Глава 7. Защита населения и территорий от современных средств поражения 279

7.1. Основные положения по защите населения и территорий 279
7.2. Укрытие населения в защитных сооружениях гражданской обороны 283
7.3. Эвакуация населения 288
7.4. Предоставление населению средств индивидуальной защиты 305
7.5. Повышение устойчивости функционирования организаций, необходимых для выживания населения 316

ЧАСТЬ 3. ВЕДЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ 333

Глава 8. Ведение гражданской обороны при возникновении военных конфликтов, а также вследствие этих конфликтов 333
8.1. Приведение гражданской обороны в готовность 333
8.2. Организация и проведение АСДНР: 338
8.2.1. Общие положения 338
8.2.2. Подготовка к действиям в очагах поражения 344
8.2.3. Организация и проведение АСДНР в очагах ядерного поражения 347
8.2.4. Организация и проведение АСДНР в очагах химического поражения 351
8.2.5. Организация и проведение АСДНР в очагах комбинированного поражения 353
8.2.6. Организация и проведение АСДНР при применении обычных средств поражения 355
8.2.7. Организация и проведение АСДНР в зонах затопления 356
8.2.8. Организация и проведение АСДНР в очагах биологического поражения 358
8.2.9. Борьба с пожарами 360
8.2.10. Специальная обработка (обеззараживание) 364
8.2.11. Первоочередное жизнеобеспечение населения 368
8.2.12. Особенности проведения АСДНР в особых условиях 373
8.2.13. Организация всестороннего обеспечения в ходе выполнения АСДНР 375
8.3. Выполнение мероприятий гражданской обороны в ходе военных конфликтов 378
8.3.1. Оповещение в ходе локальных военных конфликтов 378
8.3.2. Особенности медицинского обеспечения в районах локальных военных конфликтов 384
8.3.3. Мероприятия радиационной и химической защиты 384
8.3.4. Противопожарные мероприятия 386
8.3.5. Организация медицинского обеспечения в лагерях размещения беженцев и вынужденных переселенцев 389
Глава 9. Обеспечение выполнения мероприятий гражданской обороны 393
9.1. Разведка 393
9.1.1. Радиационная, химическая и биологическая разведка и контроль 393
9.1.2. Медицинская разведка 402
9.1.3. Инженерная разведка 403
9.1.4. Пожарная разведка 409
9.2. Инженерное обеспечение 411
9.3. Радиационная, химическая и биологическая защита 414
9.4. Медицинское обеспечение 421
9.5. Противопожарное обеспечение 432
9.6. Транспортное обеспечение 436
9.7. Материальное обеспечение 438
9.8. Техническое обеспечение 442
9.9. Обеспечение правопорядка 443
9.10. Комплексная маскировка 451
9.11. Топогеодезическое обеспечение 466
9.12. Финансовое обеспечение 470
9.13. Морально-психологическое обеспечение 477

Глава 10. Перспективы развития гражданской обороны 486
Заключение 492
Список литературы 493

Сокращения

АПЛ	атомная подводная лодка
АС	автоматизированная система
АИУС ГО	автоматизированная информационно-управляющая система гражданской обороны
АКП	абонентский комплект пользователя
АСДНР	аварийно-спасательные и другие неотложные работы
АСК	автосанитарная колонна
АСО	автосанитарный отряд
АСР	аварийно-спасательные работы
АСС	аварийно-спасательная служба
АСФ	аварийно-спасательное формирование
АХОВ	аварийно химически опасное вещество
АЭС	атомная электростанция
БРПЛ	баллистические ракеты подводных лодок
БС	биологическое средство
БСМП	Бригада специализированной медицинской помощи
ВВ	взрывчатое вещество
ВВС	Военно-воздушные силы
ВМС	Военно-морские силы
ВПК	военно-промышленный комплекс
ВСМК	Всероссийская служба медицины катастроф
ВТО	высокоточное оружие
ГВС	газовоздушная смесь
ГИС	геоинформационная система
ГЛА	гиперзвуковой летательный аппарат
ГКО	Государственный Комитет Обороны
ГО	Гражданская оборона
ГПН	Государственный пожарный надзор
ГСМ	горюче-смазочные материалы
ГУ МЧС	Главное управление МЧС России по субъекту Российской Федерации
ГУСП	Главное управление специальных программ Президента Российской Федерации
ГЭР	группа эпидемиологической разведки
ДНР	другие неотложные работы
ЕДДС	единая дежурно-диспетчерская служба
ИТ	информационные технологии
ИТКС	информационно-телекоммуникационные сети
ЗВКЗ	зона возможного катастрофического затопления
ЗВОРЗ	зона возможного опасного радиоактивного загрязнения
ЗВОХЗ	зона возможного опасного химического заражения

ЗВР	зона возможных разрушений
ЗВСР	зона возможных сильных разрушений
ЗПУ	запасный пункт управления
ЗЗПУ	загородный запасный пункт управления
ЗС	защитное сооружение
ЗС ГО	защитное сооружение гражданской обороны
ИВР	информационно-воспитательная работа
ИТМ ГО	инженерно-технические мероприятия гражданской обороны
КВО	круговое вероятное отклонение (боеприпаса)
КДР	культурно-досуговая работа
КИМГЗ	комплект индивидуальный медицинский гражданской защиты
КСА	комплекс средств автоматизации
КСА ЦМП	комплекс средств автоматизации центров мониторинга и прогнозирования
КРВБ	крылатая ракета воздушного базирования
КРМБ	крылатая ракета морского базирования
КЭС	коммунально-энергетические системы
ЛЭО	лечебно-эвакуационное обеспечение
ЛЭП	линии электропередач
ММО	мобильный медицинский отряд
МПВО	местная противовоздушная оборона
МПО	морально-психологическое обеспечение
МС ГОЗ	медицинские силы ГО здравоохранения
МСИЗ	медицинские средства индивидуальной защиты
МСС ГО	медицинская спасательная служба гражданской обороны
МЧС России	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
НАСФ	нештатные аварийно-спасательные формирования
НРС	наибольшая работающая смена
ОБП	очаг биологического поражения
ОВ	отравляющее вещество
ОГП	общественно-государственная подготовка
ОКП	очаг комбинированного поражения
ОМП	оружие массового поражения
ОНФП	оружие на новых физических принципах
ОС ОДУ	объединенная система оперативно-диспетчерского управления
ОСП	обычные средства поражения
ОХВ	опасное химическое вещество
ОЭ	объект экономики
ПВ	пункты высадки

ПВО	противовоздушная оборона
ПЛАРБ	подводная лодка атомная с баллистическими ракетами
ПЛУР	противолодочная управляемая ракета
ПОО	потенциально опасный объект
ПРР	противорадиолокационная ракета
ПРУ	противорадиационное укрытие
ПУ	пусковая установка
ПЗРК	переносный зенитный ракетный комплекс
ПТРК	противотанковый ракетный комплекс
ПТУР	противотанковая управляемая ракета
ПП	пункты посадки
ППЭ	промежуточный пункт эвакуации
ПРУ	противорадиационное укрытие
ПРХН	пост радиационного и химического наблюдения
ПЭП	приемный эвакуационный пункт
РВ	радиоактивное вещество
РОО	радиационно-опасный объект
РОК	разведывательно-огневой комплекс
РУК	разведывательно-ударный комплекс
РУГ	ракетная ударная группа
РЭБ	радиоэлектронная борьба
РСЧС	Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
РХБЗ	радиационная, химическая, биологическая защита
ПУФ	повышение устойчивости функционирования
РЭБ	радиоэлектронная борьба
СВФ	спасательные воинские формирования
СД	санитарная дружина
СИЗ	средства индивидуальной защиты
СИЗОД	средства индивидуальной защиты органов дыхания
СИЗК	средства индивидуальной защиты кожи
СНЛК	сеть наблюдения и лабораторного контроля
СОН	система оповещения населения
СОП	санитарно-обмывочный пункт
ССО	силы специальных операций
ССП	современные средства поражения
ССПД	сеть связи и передачи данных
СЦ (УСЦ, АСЦ)	спасательный центр (учебный спасательный центр, авиационный спасательный центр)
СФЗ	система функциональных задач
СФС	специальные фортификационные сооружения

СЭП	сборный эвакуационный пункт
СЯС	стратегические ядерные силы
ТВД	театр военных действий
ТГО	топогеодезическое обеспечение
ТТХ	тактико-технические характеристики
ТЭЦ	теплоэлектростанция
УАБ	управляемые авиационные бомбы
ФЗ	функциональная задача
ФКЗ	функциональный комплекс задач
ХОО	химически опасный объект
ЧС	чрезвычайная ситуация
ЭК	эвакуационная комиссия
ЭПК	эвакоприемная комиссия
ЯВ	ядерный взрыв

Предисловие[1]

Обозначившийся с начала XXI века выход России из состояния политического и экономического кризиса и существенное укрепление ее позиций на мировой арене в последнее время являются важнейшей тенденцией. На фоне новой расстановки экономических, цивилизационных, военных сил Россия должна быть суверенной и влиятельной страной. Она должна не просто уверенно развиваться, но и сохранить свою национальную и духовную идентичность, не растерять себя как нация.

На этом фоне прослеживается настойчивое стремление США к мировому лидерству и вовлечению в орбиту своей внешней и военной политики все новых государств, в том числе бывших республик Советского Союза. Соединенные Штаты по-прежнему рассматривают Россию в качестве главного геополитического соперника.

Во внешнеполитической деятельности американская администрация исходит из того, что США являются ведущей державой мира, имеющей моральное право и материальные возможности диктовать свои условия и устанавливать в различных регионах земного шара «порядок по-американски».

Становится реальностью осуществление международных операций по применению силы вне традиционных военно-политических организаций.

Особенность современной военной стратегии США и их ближайших союзников состоит в том, что она «одета» не в форму агрессора, а в форму освободителя и миротворца. Вашингтон хотел бы видеть Россию не в качестве равноправного партнера, а в качестве страны, следующей в фарватере американской политики по основным вопросам современных международных отношений.

Россия последовательно выступает за создание такой системы международных отношений, в которой значение военной силы будет минимизировано и ее функции сведены к задаче сдерживания вооруженных конфликтов. Однако с учетом объективно существующих тенденций в системе международных отношений Россия вынуждена корректировать свое видение роли и места военной политики и военных инструментов.

В «Военной доктрине Российской Федерации» отмечается, что неурегулированными остаются многие региональные конфликты. Сохраняются тенденции к их силовому разрешению, в том числе в регионах, граничащих с Российской Федерацией. Существующая архитектура (система) международной безопасности, включая ее международно-правовые механизмы, не обеспечивает равной безопасности всех государств.

При этом, несмотря на снижение вероятности развязывания против Российской Федерации крупномасштабной войны с применением обычных средств поражения и ядерного оружия, на ряде направлений военные опасности Российской Федерации усиливаются.

Особенностями современных военных конфликтов в случае их возникновения будут:

непредсказуемость их возникновения;

наличие широкого спектра военно-политических, экономических, стратегических и иных целей;

возрастание роли современных высокоэффективных систем оружия, а также перераспределение роли различных сфер вооруженной борьбы;

[1] Кузьмин А.И. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

заблаговременное проведение мероприятий информационного противоборства для достижения политических целей без применения военной силы, а в последующем - в интересах формирования благоприятной реакции мирового сообщества на применение военной силы.

Военные конфликты будут отличаться скоротечностью, избирательностью и высокой степенью поражения объектов, быстротой маневра войсками (силами) и огнем, применением различных мобильных группировок войск (сил). Овладение стратегической инициативой, сохранение устойчивого государственного и военного управления, обеспечение превосходства на земле, море и в воздушно-космическом пространстве станут решающими факторами достижения поставленных целей.

Для военных действий будет характерно возрастающее значение высокоточного, электромагнитного, лазерного, инфразвукового оружия, информационно-управляющих систем, беспилотных летательных и автономных морских аппаратов, управляемых роботизированных образцов вооружений и военной техники.

Ядерное оружие будет оставаться важным фактором предотвращения возникновения ядерных военных конфликтов и военных конфликтов с применением обычных средств поражения (крупномасштабной войны, региональной войны). В то же время, в случае возникновения военного конфликта с применением обычных средств поражения (крупномасштабной войны, региональной войны), ставящего под угрозу само существование государства, обладание ядерным оружием может привести к перерастанию такого военного конфликта в ядерный военный конфликт.

Военная политика Российской Федерации в этих условиях направлена на недопущение гонки вооружений, сдерживание и предотвращение военных конфликтов, совершенствование военной организации, форм и способов применения Вооруженных Сил и других войск, а также средств поражения в целях обороны и обеспечения безопасности Российской Федерации, а также интересов ее союзников.

Обеспечение безопасности Российской Федерации, надежная способность государства дать решительный отпор любому агрессору немыслима без всесторонней и заблаговременной подготовки тыла страны.

Важное место в решении этой задачи отводится Гражданской обороне, которая рассматривается как составная часть системы общегосударственных оборонных мероприятий, осуществляемых в мирное и военное время в целях защиты населения и экономики от современных средств поражения, а также проведения аварийно-спасательных работ в очагах поражения и зонах катастрофического затопления.

Введение[2]

Организация по подготовке к защите и по защите населения от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, берет свое начало в России со времен первой мировой войны (1914-1918 гг.), когда в военных действиях нашла применение боевая авиация. В ходе войны воюющие стороны впервые использовали аэропланы и дирижабли для нанесения ударов с воздуха по населенным пунктам, находящимся на значительном удалении от линии фронта. Попытки разрушить экономику и систему государственного управления, а также деморализовать население противника воздушными налетами оказались перспективными. В дальнейшем, для нанесения ударов по тыловым объектам противника, был взят курс на развитие военной авиации.

В ходе первой мировой войны, в 1915 году, создается специализированная бомбардировочная авиация, которая стала применяться для самостоятельных действий – нанесения ударов с воздуха по тылам противника. В связи с этим возникла необходимость в организации защиты городов от ударов с воздуха.

После участившихся вражеских налетов авиации на тыловые объекты в России стали разрабатывать меры по недопущению налетов «воздухоплавательных средств противника» на нашу территорию, прежде всего к Петрограду.

30 ноября 1914 года командующий 6-й армией генерал-адъютант К.П. Фан дер Флит приказом № 90 объявил специальную инструкцию, в соответствии с которой впервые была организована оборона Петрограда и его окрестностей. Начальником воздушной обороны был назначен генерал-майор Г.В. Бурман.

8 декабря 1914 года «Инструкция по воздухоплаванию в районе 6-й армии» была введена в действие, воздушная оборона столицы России начала осуществляться.

Под руководством генерал – майора Г.В. Бурмана объединялись действия «летчиков и войсковых частей, назначенных для защиты Петрограда и его района от воздушного нападения противника». Для наблюдения за небом и оповещения о летательных аппаратах противника была развернута сеть наблюдательных постов. На позициях вокруг Петрограда и вблизи Царского Села были установлены, изготовленные по специальному заказу на Путиловском заводе артиллерийские орудия, приспособленные для стрельбы по летательным аппаратам.

Из состава Гатчинской авиационной школы были отобраны экипажи, подготовленные к борьбе с летательными аппаратами противника.

К апрелю 1915 года воздушная оборона Петрограда и императорской резиденции в Царском Селе пополнилась новыми силами и средствами.

Наряду с активными мерами противовоздушной обороны, осуществляемой войсками, к участию в мероприятиях, призванных обеспечить защиту населения и промышленных предприятий от нападения с воздуха и быструю ликвидацию последствий авиационных налетов, стали привлекать население. Это привело к созданию местной противовоздушной обороны, опирающейся на гражданское население городов.

Таким образом, первая мировая война и появление военной авиации, особенно бомбардировочной, положили начало развитию средств, противовоздушной обороны, а также мерам по организации самозащиты населения.

Однако не только появление авиации, но и еще одно очень важное событие, происшедшее в период первой мировой войны, заставило правительства и генераль-

[2] Коваль Г.М. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

ные штабы воюющих сторон всерьез задуматься над проблемой обеспечения безопасности тыла. Оно во много определило характер и направления развития системы мероприятий по защите населения в последующие годы.

Этим событием было применение в ходе боевых действий химического оружия. 22 апреля 1915 года 4-я германская армия против англо-французской позиции у Ипра впервые применила газобаллонную атаку. В результате газовой атаки было отравлено 15 тысяч человек, из которых свыше 5 тысяч умерли на поле боя, а половина оставшихся в живых стали инвалидами. Эта атака показала эффективность нового вида оружия при внезапном массированном применении его.

В дальнейшем в газовых атаках применялись как жидкий хлор, так и смеси хлора с удушливым веществом – фосгеном.

Применение отравляющих веществ осуществлялось и артиллерией. С середины 1916 года воюющие стороны начали широко применять их в артиллерийских снарядах.

Угроза химической войны по мере совершенствования авиации, артиллерии и боевых отравляющих веществ не только не отпадала, но и увеличивалась. Надо было искать эффективное средство защиты, и оно было найдено – противогаз.

В 1915 году в России был разработан фильтрующий противогаз, состоящий из резинового шлема конструкции русского инженера М.И. Кумманта и противогазной коробки русского химика Н.Д. Зелинского, снаряженной активированным углем для поглощения парообразных отравляющих веществ.

Противогазы свели на нет первый успех газовых атак немцев на фронте. Тыл же страны оставался фактически беззащитным. Все дело газовой борьбы и противогазовой защиты было поручено Верховному начальнику санитарной и эвакуационной части генералу от инфантерии принцу А.П. Ольденбургскому, который положил начало становлению противохимической обороны в России. По его инициативе было организовано производство отечественных противогазов.

Таким образом, первая мировая война предопределила создание новых оргштатных структур по защите наших войск, населения и территории тыловых пунктов от опасностей, вызванных военным противостоянием враждующих между собой.

Сразу же после установления в России в 1917 году новой власти, руководство страны вынуждено было незамедлительно принять меры к укреплению противовоздушной и противохимической обороны страны.

Так, когда в феврале 1918 года германские войска, нарушив перемирие, начали наступление на Петроград, в это исключительно тяжелое для страны время были приняты все меры для противовоздушной и противохимической обороны Петрограда. Был создан штаб воздушной обороны для проведения мероприятий по защите города в случае нападении авиации кайзеровской Германии. Непосредственное руководство воздушной обороной Петрограда осуществлял Народный комиссар по военным делам Н.И. Подвойский.

Штаб организовал сеть наблюдательных пунктов в городе и его окрестностях. Открылись специальные пункты, где жители города могли получить защитные маски, противогазовую жидкость и памятки с указанием, как можно избежать отравления ядовитыми газами. Действовали курсы первой помощи. Ими руководил врачебно-санитарный отдел при Петроградском Совете рабочих, крестьянских и солдатских депутатов.

Организация медицинской помощи пострадавшим от воздушных налетов противника была поручена органам здравоохранения и Военно-санитарному ведомству.

Определенные обязанности по противовоздушной обороне и противохимической защите штаб воздушной обороны возложил на жителей города и домовые комитеты (домкомы). Перед ними, в частности, ставились задачи по осуществлению противопожарных мероприятий и организации первой медицинской помощи пострадавшим, изысканию для этих целей необходимых материалов.

Разработка средств и способов противохимической защиты, производство и обеспечение ими личного состава армии и населения была возложена на химический комитет Главного артиллерийского управления.

Об угрозе воздушного нападения противника население оповещалось сиренами и гудками предприятий. Порядок повеления рабочих и служащих, и неработающего населения во время налета определялся специальной инструкцией.

В период с 20 февраля по 3 марта 1918 года германская авиация неоднократно пыталась прорваться к Петрограду. 2 марта 1918 года впервые в своей истории город был подвергнут воздушной бомбардировке. Как сообщала газета «Известия», 3 человека было убито, 5 ранено, нанесен определенный материальный ущерб.

Революционный комитет обороны города 3 марта 1918 года в воззвании «К населению Петрограда и его окрестностей» довел до сведения населения перечень мероприятий по противовоздушной и противохимической обороне города.

Основным средством защиты от отравляющих веществ уже в это время являлся противогаз. Тому, кто его не имел, предписывалось изготовить маску из 20-30 слоев марли. Перед применением маску следовало смачивать специальным раствором. Это были первое самые элементарные, доступные всем меры противохимической защиты. Аналогичные мероприятия в годы интервенции и гражданской войны проводились и в ряде других городов. Особенно большое внимание уделялось защите от ударов с воздуха городов Москвы, Тулы, Баку, Астрахани, оказавшихся в разное время в зоне действия вражеской авиации.

После окончания гражданской войны и иностранной военной интервенции руководство страны принимало необходимые меры к укреплению обороноспособности страны, так как опасность вооруженного нападения на страну сохранялась.

Во всех ведущих странах шло активное наращивание и совершенствование военной авиации, росла ее ударная мощь. Некоторые военные специалисты с цинизмом заявляли о применение в будущей войне бактериологического и химического оружия, о нанесении внезапных бомбардировочных ударов по наиболее важным административно-политическим и экономическим центрам, военным объектам, районам отмобилизования войск. В соответствии с теорией «воздушной войны» итальянского генерала Дж. Дуэ считалось, что «грядущая война будет вестись, в основном, против безоружного населения городов и против промышленных центров».

Это диктовало необходимость совершенствования и развития противовоздушной обороны страны, принятия действенных мер защиты населения от воздушного нападения противника. До 1932 года все мероприятия ПВО по защите тыла страны от ударов авиации подразделялись на активную и пассивную противовоздушную оборону. Активная ПВО осуществлялась силами и средствами Наркомата по военным и морским делам СССР, а пассивная — силами и средствами гражданских организаций, предприятий и самого населения. Только с конца 1932 года наименование «пассивная ПВО» было заменено наименованием «местная ПВО».

Руководство страны, начиная со второй половины двадцатых годов прошлого века, приняло ряд постановлений, направленных на создание и укрепление противовоздушной обороны страны. В ноябре 1925 года Совет Народных Комиссаров СССР

(СНК СССР) принял постановление «О мерах противовоздушной обороны при новых постройках в 500-километровой приграничной полосе». В пределах этой зоны, обусловленной радиусом действия авиации противника того времени, организациям и учреждениям предписывалось осуществлять при новом строительстве различные инженерно-технические мероприятия по противовоздушной и противохимической защите. Действие этого постановления распространялось также на города Москву, Тулу, Харьков и Курск.

Одновременно были приняты меры по обеспечению нормальной работы железнодорожного транспорта в случае возникновения войны. С этой целью Совет труда и обороны СССР (СТО СССР) 26 августа 1926 года организовал Службу воздушно-химической обороны Наркомата путей сообщения СССР. В соответствии с этим постановлением на железнодорожных станциях предусматривалось строительство специальных убежищ, создание специальных формирований — команд, отрядов ПВО, обучение обслуживающего персонала способам противовоздушной и противохимической защиты.

Следующим важным шагом на пути дальнейшего укрепления ПВО Советского государства явилось решение СТО СССР «Об организации воздушно-химической обороны страны». Оно было принято 14 мая 1927 года и преследовало цель усилить защиту стратегически важных районов, аэродромов, сооружений железнодорожного и водного транспорта, средств связи, заводов, фабрик, складов и крупных населенных пунктов при возможных ударах противника с воздуха. Вся территория Союза ССР разделялась на две части: пограничную угрожаемую полосу, где мероприятия пассивной ПВО проводились в полном объеме, и тыл страны, где проводилась лишь организационная работа в этой области, и обучалось население. Впервые крупные города были определены как пункты ПВО. Они делились на районы, участки и объекты. В свою очередь объекты ПВО делились в зависимости от их политической, экономической и военной значимости на две категории: первую и вторую.

Организация воздушно-химической обороны, руководство ею на территории приграничной полосы осуществлялось командованием военного округа.

Начиная с 1928 года развитие воздушно-химической обороны страны стало носить более целеустремленный характер. 11 июня этого года СТО СССР принял новое постановление «О противовоздушной обороне важнейших пунктов, расположенных в угрожаемой по воздушным нападениям полосе СССР», которым предусматривалось выделение и приведение в оборонительное состояние от воздушного нападения многих городов-пунктов ПВО страны. Особое внимание обращалось на защиту важнейших административно-политических и промышленных центров — Москвы, Ленинграда, Минска, Киева, Харькова, Баку.

Решения правительства по вопросам противовоздушной обороны нашли полное отражение в первом Положении о противовоздушной обороне Союза ССР, введенном в действие приказом Наркома по военным и морским делам СССР в 1928 году. В этом Положении мероприятия МПВО еще не были выделены в качестве самостоятельной системы.

В 1929 году в крупных городах страны были созданы первые штабы ПВО районов по пассивной обороне.

Параллельно с государственными мерами развивалась и общественная деятельность в области воздушно-химической обороны СССР. 19 мая 1924 года было образовано Добровольное Общество друзей химической обороны и химической промышленности (Доброхим). Оно проводило пропаганду химических знаний, знакоми-

ло население с химическим оружием и средствами защиты от него.

Деятельность Доброхима в еще больших масштабах продолжило оборонное общество Авиахим, а с 23 января 1927 года Осоавиахим — Союз Обществ друзей обороны и авиационно-химического строительства СССР.

К середине 20-х годов прошлого столетия значительно усилил санитарно-оборонную работу и массовую санитарную подготовку советских граждан Союз обществ Красного Креста и Красного Полумесяца СССР (СОКК и КП СССР). Для обучения населения были созданы кружки первой помощи, формировались санитарные дружины. Широко развернулась подготовка медицинских сестер.

Одной из форм массовой подготовки населения к противовоздушной и противохимической обороне явились «недели обороны», которые начали регулярно проводиться с 1927 года. В дальнейшем вошло в практику проведение «декад обороны» и «месячников обороны».

Следует отметить, что в конце 20-х годов прошлого века в стране возникла такая форма массовой подготовки населения к противовоздушной и противохимической обороне, как общегородские учения, проводимые совместно с воинскими подразделениями и общественными организациями. В ходе учений на практике проверялись полученные знания и навыки в области противовоздушной обороны. Первые массовые учения прошли в Одессе в 1927 году, а в мае 1928 года — в Ростове-на-Дону.

В результате проведенной работы к началу тридцатых годов прошлого столетия в развитии пассивной обороны в стране были достигнуты серьезные успехи. К 1932 году насчитывалось более 3 тысяч формирований различного назначения, занимающихся защитой населения. Население получило более 3,5 миллиона противогазов, в жилых кварталах и на промышленных предприятиях было построено несколько тысяч бомбо- и газоубежищ, разработаны мероприятия по светомаскировке, налажены связь и оповещение. Более 2,5 миллиона рабочих и служащих прошли обучение мерам противовоздушной и противохимической защиты. В стране действовали тысячи кружков по воздушно-химической обороне.

В эти годы в основном были созданы необходимые условия для перехода к новому этапу строительства местной системы противовоздушной обороны, ее законодательному оформлению в самостоятельную государственную систему по защите населения страны от возможных авиационных ударов. Необходимость создания такой системы особенно остро ощущалась в условиях нарастающей угрозы военного нападения на СССР. Важным шагом в этом направлении было создание в 1932 году городских частей ПВО. 11 апреля 1932 года Народным комиссаром по военным и морским делам и Председателем Реввоенсовета СССР было утверждено «Положение о местных частях противовоздушной обороны». В нем указывалось, что местные части ПВО создаются для инженерно-химического оборудования пунктов ПВО и ликвидации последствий нападения с воздуха. По своему предназначению они подразделялись на части внутреннего наблюдения и авиационной разведки (ВНАР), связи, дегазации, медико-санитарные, противопожарные, инженерные и автотранспортные. Организационно состояли они из рот, батальонов, полков и бригад. Это было зарождением будущих воинских частей МПВО и войск гражданской обороны. Следующим этапом в развитии организационных форм МПВО явилось постановление Реввоенсовета СССР № 033, которым 10 мая 1932 года 6-е управление штаба РККА было преобразовано в Управление ПВО РККА с непосредственным подчинением его Реввоенсовету СССР. На управление ПВО РККА было возложено практическое руководство службой ПВО всей территории страны, а также объединение деятельности всех гражданских ве-

домств, учреждений и общественных организаций в этой области. Проводились и другие важные мероприятия по укреплению ПВО страны.

Наконец, 4-го октября 1932 года постановлением Совета Народных Комиссаров СССР было утверждено «Положение о противовоздушной обороне территории СССР».

Этим актом было положено начало создания местной противовоздушной обороны СССР (МПВО СССР), предназначенной для защиты населения страны от воздушного нападения противника. В связи с этим 4 октября 1932 года принято считать днем рождения местной противовоздушной обороны — основы будущей системы Гражданской обороны СССР.

Основными задачами МПВО являлись: предупреждение населения об угрозе нападения с воздуха и оповещение о миновании угрозы; осуществление маскировки населенных пунктов, и объектов народного хозяйства от нападения с воздуха (особенно светомаскировки); ликвидация последствий нападения с воздуха, в том числе и с применением отравляющих веществ; подготовка бомбоубежищ и газоубежищ для населения; организация первой медицинской и врачебной помощи пострадавшим в результате нападения с воздуха; оказание ветеринарной помощи пострадавшим животным; поддержание общественного порядка и обеспечение соблюдения режима, установленного органами власти, и МПВО в угрожаемых районах. Выполнение всех этих задач предусматривалось силами и средствами местных органов власти, и объектов народного хозяйства. Этим определялось и название данной системы противовоздушной обороны.

Штабы, службы и формирования МПВО создавались лишь в тех городах и на тех промышленных объектах, которые могли оказаться в радиусе действия авиации противника. В таких городах и на таких объектах мероприятия по противовоздушной обороне и противохимической защите проводились в полном объеме.

Организационная структура МПВО определялась ее задачами. Поскольку она являлась составной частью всей системы противовоздушной обороны страны общее руководство МПВО в стране осуществлялось Наркоматом по военным и морским делам (с 1934 года – Наркомат обороны СССР), а в границах военных округов – их командованием.

Для решения задач МПВО организовались соответствующие силы – воинские части МПВО, которые подчинялись командованию военных округов. И добровольные формирования МПВО: в городских районах — участковые команды, на предприятиях – объектовые команды, при домоуправлениях – группы самозащиты. Формирования МПВО создавались из расчета: 15 человек от 100 – 300 рабочих и служащих – на предприятиях и в учреждениях, и от 200—500 человек жителей – при домоуправлениях. Участковые команды состояли из различных специальных формирований, а группы самозащиты, как правило, из шести подразделений: медицинского, аварийно-восстановительного, противопожарной защиты, охраны порядка и наблюдения, дегазационного и обслуживания убежищ. Участковые команды и группы самозащиты подчинялись начальнику отделения милиции.

Подготовка кадров для МПВО осуществлялась на специальных курсах МПВО, а обучение населения – через учебную сеть общественных оборонных организаций.

В связи с местным характером деятельности органов управления и сил МПВО и необходимостью сосредоточить усилия Наркомата обороны СССР на подготовке Вооруженных Сил к войне, которая приближалась к границам СССР, постановлением СНК СССР от 7 октября 1940 года, руководство МПВО было передано Наркомату внутренних дел СССР, в составе которого было создано Главное управление МПВО.

Таким образом, в предвоенные годы, в основном сложилась система мероприятий, осуществляемых в целях защиты населения, объектов народного хозяйства и территорий страны от вооруженного нападения противника, ликвидации последствий его ударов, а также создания наиболее, благоприятных условий для работы промышленных предприятий, транспорта, коммунального хозяйства в военное время.

Суровым испытанием для местной противовоздушной обороны стала Великая Отечественная война 1941-1945 годов.

В первые же дни авиация фашисткой Германии, руководствуясь общим планом «молниеносной войны» подвергла массированным бомбардировкам десятки крупных городов нашей страны: среди них Киев, Минск, Севастополь, Одесса, Кишинев, Каунас, Мурманск.

Враг пытался дезорганизовать работу нашего тыла, сорвать мобилизацию в западных районах страны, посеять панику среди населения.

Мобилизуя советский народ на защиту страны, Совет Народных Комиссаров СССР 2 июля 1941 года издал постановление «О всеобщей обязательной подготовке населения к противовоздушной обороне». В нем предлагалось охватить обучением все население страны в возрасте от 16 до 60 лет (мужчины) и от 18 до 50 лет (женщины). Общее руководство этой подготовкой Советское правительство возлагало на Главное управление МПВО НКВД СССР.

Непосредственное руководство по усилению МПВО и сколачиванию формирований из рабочих и служащих осуществляли руководители предприятий, являвшиеся начальниками МПВО своих объектов и партийные организации заводов, фабрик, железнодорожных станций. Штабы МПВО, службы и формирования создавались повсеместно.

В целях обеспечения быстрого восстановления, разрушенного врагом хозяйства, 9 июля 1941 года Государственный Комитет Обороны принял постановление «Об образовании в местностях, объявленных на военном положении, городских аварийно-восстановительных отрядов». Отряды создавались на базе строительных трестов и управлений, ремонтных служб исполкомов местных советов. В дальнейшем эти аварийно-восстановительные отряды стали основой аварийно-восстановительной службы МПВО, той реальной силой которая, обеспечила бесперебойную работу важнейших объектов экономики, восстановление разрушенного городского коммунального хозяйства.

Принятые руководством страны и местными органами власти меры позволили за лето и осень 1941 года мобилизовать значительные силы и средства тыла страны на усиление местной противовоздушной обороны СССР. Объединенные в различные формирования, команды и группы самозащиты, советские люди составили огромную армию бойцов МПВО, вставшую на защиту страны от воздушных налетов противника. В результате в первый год войны в стране было создано свыше 80 000 групп самозащиты и подготовлено к противовоздушной и противохимической обороне 40 млн. человек, т.е. столько же, сколько за весь довоенный период.

Оборона Киева, Одессы, Севастополя, Смоленска и других городов показала, что вместе с армией и флотом самоотверженно защищали советские города жители, входившие в формирования МПВО.

В период коренного перелома в войне огромную роль в укреплении МПВО страны сыграло постановление ГКО от 16 июня 1943 «О местной противовоздушной обороне», содержание комплекс мероприятий по усилению численности войсковых формирований, укреплению руководящего состава и других мер.

В усилении МПВО значительную роль также сыграло постановление СНК СССР от 12 июля 1943 года «О реорганизации формирований МПВО». Оно конкретизировало порядок создания в крупных административных и промышленных центрах городских батальонов. На 980 особо важных объектах были созданы аварийно-восстановительные отряды, 35% личного состава которых находилось на казарменном положении.

В результате усиления МПВО общая численность личного состава системы МПВО страны к началу 1944 года превышала 6 млн. человек. Причем ее основу составляли невоенизированные формирования и группы самозащиты.

В период разгрома фашисткой Германии, изгнания вражеских войск за пределы СССР, освобождения от оккупации стран Европы, полного краха фашисткой Германии и ее безоговорочной капитуляции, решались новые задачи: проводилась большая работа по развертыванию и укреплению МПВО в освобожденных городах и районах страны; осуществлялась расчистка территорий, где проходили военные действия, от оставшихся и невзорвавшихся боеприпасов; личный состав МПВО принимал участие в восстановлении народного хозяйства, нарушенного войной.

Всего на города и объекты тыла нашей страны во время войны было совершено более 30 тысяч групповых и одиночных налетов, сброшено около 600 тысяч фугасных авиабомб общим весом более 70 тысяч тонн и около 1 миллиона зажигательных авиабомб. МПВО обеспечила защиту в убежищах и укрытиях 25,5 млн. человек.

Медико-санитарная служба оказала помощь более 135,2 тысячам пострадавшим гражданам. Противопожарная служба ликвидировала 10 133 пожара и без малого 78 тысяч возгораний. Силы и средства МПВО ликвидировали 2 744 очага поражения и разобрали свыше 435м^3 завалов. Пиротехнические подразделения МПВО обезвредили 432 тысячи фугасных и зажигательных авиабомб, 523 тысячи мин и артиллерийских снарядов, огромное количество других боеприпасов.

Участвуя в восстановлении народного хозяйства, части и формирования МПВО возродили более 250 промышленных предприятий, построили заново или отремонтировали 15 685 зданий, ввели в строй 205 железнодорожных и автомобильных мостов, осуществили ремонт свыше 545 тысяч м^2 шоссейных дорог, восстановили 188 км водопроводных и 873 км канализационных сетей, 767 км линий связи и 405 км трамвайных путей.

Главный итог деятельности МПВО страны в военное время состоит в том, что она обеспечила сохранение жизни и здоровья миллионам людей, ослабила разрушительное воздействие воздушных ударов противника. В этом убедительное доказательство ее эффективности и правильной организации. МПВО полностью оправдала свое предназначение.

Война показала, что защита населения, объектов народного хозяйства и территорий в чрезвычайных ситуациях относится к важнейшим функциям государства и является делом всего народа.

Победоносное окончание Великой Отечественной войны, переход от войны к миру поставили перед советским народом новые грандиозные и сложные задачи по ликвидации последствий войны, восстановлению народного хозяйства, дальнейшему продвижению вперед.

Руководство страны учитывало, что успешное решение этих задач потребует преодоление огромных трудностей, поскольку минувшая война была для нашей страны самой тяжелой и разрушительной.

Было разрушено 1710 городов, превращено в пепелище более 70 тысяч сел и деревень, уничтожено полностью или частично 31 850 промышленных предприятий; 65 тысяч км железных дорог, разрушено 4 100 железнодорожных станций, разграблено 98 тысяч колхозов, 1 876 совхозов и 2 890 МТС.

Предстояло выполнить огромную по объему работу, чтобы залечить раны войны, перевести народное хозяйство на мирные рельсы.

Личный состав МПВО принимал самое активное участие в проведении восстановительных работ в народном хозяйстве. С участием подразделений и частей МПВО было введено в строй свыше 250 крупных промышленных предприятий.

Личный состав МПВО широко привлекался к решению очень острой для того времени проблеме обеспечения населения, проживающего на освобожденной от врага территории, жильем. Надо было быстро строить и восстанавливать дома для населения. И с этой задачей МПВО справилась с честью – было отремонтировано и построено заново свыше 15 тысяч зданий и жилых домой.

Наряду с участием личного состава частей МПВО в восстановлении городского хозяйства и жилья, большая работа была проведена по очистке освобожденной территории от невзорвавшихся авиабомб, снарядов, мин и других «сюрпризов», оставленных бежавшими гитлеровцами.

В этот период организационная структура МПВО подверглась совершенствованию. По постановлению СНК СССР от 24 октября 1945 года были значительно сокращены органы управления, в том числе и Главное управление МПВО НКВД СССР, войска МПВО, невоенизированные формирования, а городские части МПВО - расформированы.

Несмотря на организационные изменения, работа по совершенствованию защиты населения от нападения с воздуха продолжалась. Обучение граждан проводилось в кружках по 20-часовой программе «Готов к ПВХО» (противовоздушной и противохимической обороне). Эта работа осуществлялась в основном Добровольным обществом содействия армии, авиации и флоту. Знания и навыки закреплялись на учениях и тренировках. Эффективной формой обучения являлись районные и городские соревнования по МПВО. Опыт послевоенной деятельности МПВО оказался вскоре востребованным при, ликвидации последствий Ашхабадского землетрясения, произошедшего в ночь с 5 на 6 октября 1948 года. Полученный опыт по ликвидации последствий землетрясения имел большое значение для совершенствования МПВО, организации и ведения спасательных, аварийно-восстановительных и других неотложных работ в зоне бедствия.

31 октября 1949 года Совет Министров СССР утвердил новое «Положение о местной противовоздушной обороне СССР». В нём были определены цели, задачи, организационная структура МПВО, основные мероприятия, проводимые на территории, страны, роль и место войск и формирований МПВО, групп самозащиты, порядок подготовки кадров в системе МПВО, обязанности министерств, ведомств и организаций по МПВО. Для выполнения задач МПВО создавались силы, включающие войска и формирования. Войска состояли из инженерно-противохимических частей МПВО МВД СССР центрального подчинения и городских частей (как правило, в сокращённом составе). Для ликвидации массовых разрушений предназначались городские аварийно-восстановительные отряды, перечень и численность которых утверждались Советами Министров республик по представлению МВД СССР.

В целях обеспечения заблаговременной подготовки к защите населения и работников предприятий и повышения надёжности работы важных для обороны и

народного хозяйства объектов в военное время, в 1951 году Совет Министров СССР принял постановление «Об утверждении норм на проведение инженерно-технических мероприятий МПВО при проектировании и строительстве». А позже, в июне 1955 года были приняты еще два важных постановления: «О мероприятиях по повышению готовности МПВО страны к защите населения и промышленных объектов от атомного оружия» и «О мероприятиях по обеспечению медицинской помощи населению в условиях применения атомного оружия», в которых указывалось, что подготовка страны к МПВО должна вестись с учётом возможного применения противником ядерного оружия. Эвакуация населения крупных экономических и административно-политических центров была определена как основной способ защиты от ядерного оружия. Впервые в стране вводилось всеобщее и обязательное обучение населения противоатомной защите. Особое внимание было обращено на организацию своевременного оповещения. Руководством страны были предприняты меры по укреплению МПВО, совершенствованию её организационной структуры и технической оснащённости, уточнению задач, положившие начало качественно нового этапа в строительстве МПВО как предшественнице гражданской обороны.

Был образован штаб МПВО страны, на местах - областные, краевые, республиканские штабы МПВО.

Важным событием в совершенствовании МПВО явилось утверждение нового «Положения о местной противовоздушной обороне Союза ССР» в 1956 году, в котором впервые было подчеркнуто, что МПВО является системой общегосударственных оборонных мероприятий, осуществляемых в целях защиты населения от атомного оружия и других современных средств поражения, создания условий, обеспечивающих надёжность работы объектов народного хозяйства в условиях нападения с воздуха, проведения спасательных работ и оказания помощи пострадавшим, а также выполнения неотложных аварийно-восстановительных работ в очагах поражения.

Особое внимание было обращено на то, что МПВО организуется на территории всей страны.

Важную роль в подготовке МПВО к действиям в новых условиях сыграло постановление Совета Министров СССР от 4 мая 1959 года «О мерах по обеспечению подготовки страны к местной противовоздушной обороне», в котором предусматривались меры по улучшению оповещения населения, строительству в 1959-1965 годах защитных и специальных сооружений, накоплению мобилизационных ресурсов и повышению боевой готовности войсковых частей и формирований МПВО, рассредоточенному размещению предприятий, укрытию в специальных подземных сооружениях особо важных заводов, государственных резервов, созданию дублёров уникальных и особо важных предприятий, усилению работы ДОСААФ, СОКК и КП СССР, всеобщему обязательному обучению в городах и сельской местности защите от атомного, химического и бактериологического оружия.

Выполнение перечисленных мероприятий повысило оперативную готовность всей системы МПВО, ускорило накопление значительного фонда защитных сооружений. Убежища МПВО прошли испытания на Семипалатинском ядерным полигоне и показали высокую эффективность.

В конце 50-х годов XX столетия с появлением ракетно-ядерного оружия встал вопрос об иных, более совершенных, способах и средствах защиты тыла, о более надёжном обеспечении безопасности населения в военное время.

В 1961 году на базе МПВО в стране была создана новая общегосударственная система – Гражданская оборона СССР. В основу новой системы легли опыт, традиции, все лучшее, что было создано за годы существования МПВО.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 13 июля 1961 года было принято «Положение о Гражданской обороне СССР». В нем было определено, что «Гражданская оборона является системой общегосударственных оборонных мероприятий, осуществляемых заблаговременно в мирное время в целях защиты населения и народного хозяйства страны от ракетно-ядерного, химического, бактериологического оружия, проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ (СНАВР) в очагах поражения, которая строится по территориально-производственному принципу».

Также было определено содержание работы всех ее звеньев, основные права и обязанности должностных лиц в системе гражданской обороны, разработаны основы управления. В «Положении о Гражданской обороне СССР» определялись основные принципы защиты населения от оружия массового поражения. В качестве основного способа защиты населения предусматривались его рассредоточение и эвакуация.

За основу был принят принцип дифференцированного комплексного подхода к защите населения. В соответствии с ним в мирное время строились убежища для наибольшей работающей смены предприятий, которые должны продолжать работу в военное время в категорированных городах. Остальная часть городского населения подлежала эвакуации в загородную зону, в которой предусматривалось создание фонда противорадиационных укрытий для местного и эвакуированного населения.

Особое внимание уделялось вопросам защиты водоисточников, продовольствия, фуража, сельскохозяйственных животных. В случае применения оружия массового поражения предусматривалось проведение массовых спасательных работ в очагах поражения.

Теория и практика ведения гражданской обороны строились с учетом существующих взглядов на ведение войны с применением ядерного оружия. В основу вероятной модели будущей войны была взята модель, при которой непосредственному ведению боевых действий (и соответственно применению оружия массового поражения) предшествует так называемый «особый период», в ходе которого конфликтующие стороны могут провести необходимые подготовительные мероприятия. Его продолжительность предполагалась от нескольких дней до нескольких месяцев.

В соответствии с этим все мероприятия гражданской обороны делились на три группы: в первую группу входили мероприятия, проводимые заблаговременно, в мирное время; во вторую группу были включены мероприятия, проводимые в «особый период»; в третью группу были включены мероприятия, проводимые в военное время.

Руководство гражданской обороной в министерствах, ведомствах, промышленных и производственных объединений и на объектах народного хозяйства осуществлялось непосредственно через штабы и службы гражданской обороны, а также через существующие структуры органов управления. Штабы гражданской обороны стали основными органами управления.

Для осуществления всех мероприятий гражданской обороны в городах создавались соответствующие службы (с учетом опыта МПВО): связи, инженерная, противопожарная, медицинская, охраны общественного порядка, защиты животных и растений, коммунально-техническая, санитарной обработки людей и обеззараживания одежды, торговли и питания, убежищ и укрытий, материально-технического снабжения, аварийно-техническая, автотранспортная, энергетики и др.

Новые подходы к организации спасательных работ в очагах ядерного поражения потребовали многократного увеличения сил. В этих целях было увеличено количество воинских частей гражданской обороны (без увеличения общей численности личного состава).

Резко возросла численность и количество невоенизированных формирований. Их структура и система подготовки претерпели серьезные изменения. Основными среди них стали территориальные сводные спасательные и объектовые отряды гражданской обороны.

Достаточно успешно разрабатывались вопросы медицинской защиты населения. Это стало возможным благодаря активному участию в этой работе Министерства здравоохранения СССР и созданной на базе его Медицинской службы гражданской обороны страны. В короткие сроки был создан запас медицинских средств защиты, большое количество специальных медицинских формирований на местах (отрядов первой медицинской помощи, санитарных дружин и др.).

В больших объемах создавались запасы средств индивидуальной защиты населения (противогазы, респираторы и т.д.).

На новый уровень по сравнению с МПВО были подняты вопросы оперативной подготовки. Большое внимание было уделено разработке оперативных планов гражданской обороны. Повседневной практикой стало проведение крупных командно-штабных учений по гражданской обороне. Как правило, такое учение проводилось каждый год в республике, крае, области.

Особое место занимала подготовка населения. В 1966 году вводится в действие новая 21-часовая программа подготовки граждан по гражданской обороне - всеобщий обязательный минимум знаний. Рабочие, служащие, колхозники обучение проходили непосредственно на предприятиях, в колхозах и совхозах. Занятия проводили не общественные инструкторы, а начальники цехов, отделов, служб, бригадиры, т.е. руководители обучали подчиненных.

В начале 70-х годов XX столетия несколько изменилась военно-стратегическая обстановка. У вероятного противника была взята на вооружение «концепция первого обезоруживающего удара». Наряду со стратегическими наступательными силами на передний план в качестве средств первого удара выдвигались ракеты средней дальности (1 000-5 500 км), размещаемые в Западной Европе. Малое подлетное время (10-12 мин) делало их идеальным средством стремительного удара по выбранным целям. Реально возникла угроза внезапного ядерного нападения на территорию СССР. В этих условиях гражданская оборона превратилась в один из важнейших факторов стратегического равновесия.

Сложившаяся обстановка потребовала внести изменения и в деятельность Гражданской обороны СССР, прежде всего, повысить эффективность защиты населения. Для этого необходимо было увеличить фонд защитных сооружений и создать надежную систему оповещения всего населения страны, резко сократить время перевода гражданской обороны с мирного на военное положение, провести комплекс мероприятий в области повышения устойчивости работы народного хозяйства в военное время, повысить полезную значимость системы гражданской обороны в мирное время.

Предусматривался более разносторонний комплекс мероприятий в городах и на объектах, которые могут подвергнуться ударам противника. Их условно можно свести в три группы, составляющие содержание основных задач гражданской обороны:

первая группа мероприятий, связанных с непосредственным обеспечением защиты населения от средств поражения противника;

вторая группа мероприятий, направленных на повышение устойчивости функционирования экономики и уменьшение возможного ущерба народному хозяйству при применении противником ядерного оружия и других средств поражения;

в третью группу входили мероприятия по подготовке сил и средств для ликвидации последствий нападения противника и проведения спасательных и других неотложных аварийно-восстановительных работ в очагах поражения.

Жизнь потребовала, вместе с тем, внесения существенных поправок в организацию и порядок планирования и осуществления мероприятий. В этот период был принят ряд важных постановлений правительства и других директивных документов по вопросам гражданской обороны.

Одним из главных документов было новое Положение о гражданской обороне Союза ССР, утвержденное постановлением ЦК КПСС и Советом Министров СССР от 18 марта 1976 года № 201-78.

В новом Положении было определено, что Гражданская оборона СССР является составной частью системы общегосударственных оборонных мероприятий, направленных на защиту населения от оружия массового поражения и других средств нападения противника. Исходя из данного определения, все мероприятия гражданской обороны предписывалось впервые осуществлять согласованно с другими мероприятиями оборонного характера. По значимости гражданская оборона выводилась на уровень вооруженной защиты, на качественно новый уровень решения ее задач.

Вся организационная работа центрального руководства, штабов и органов гражданской обороны была направлена на совершенствование принципов, средств и способов защиты населения, был сделан большой вклад в разработку и осуществление инженерно-технических мероприятий по защите населения и экономики страны от оружия массового поражения.

Одновременно с этим предусматривался целый ряд других мероприятий, направленных на обеспечение защиты населения: организацию оповещения об опасности нападения противника; организацию радиационного, химического и бактериологического (биологического) наблюдения, разведки и лабораторного контроля; проведение санитарно-гигиенических, профилактических и противоэпидемических мероприятий; снижение запасов горючих, взрывоопасных и сильнодействующих ядовитых веществ в городах и на объектах народного хозяйства; создание защищенных запасов продовольствия, одежды, медикаментов, медицинского имущества, предметов первой необходимости и других материально-технических средств; обучение населения способам защиты и другие.

В 1976 году Правительством было принято решение о возложении на Гражданскую оборону СССР задачи по повышению устойчивости функционирования народного хозяйства в военное время. На данном этапе развития Гражданской обороны СССР эта проблема определялась как одна из важнейших. Мероприятия по ее осуществлению проводились и раньше. Однако они проводились, как правило, на уровне объектов народного хозяйства и по отдельным вопросам, в связи с чем, проблема повышения устойчивости в масштабе отрасли и, тем более, в масштабе народного хозяйства страны не могла быть решена. Теперь же в целях практической реализации этой задачи в системе Гражданской обороны СССР, Госплане СССР, министерствах и ведомствах, союзных и автономных республиках, краях, областях и городах были созданы специальные органы управления. В областях (краях), крупных городах и на объектах народного хозяйства были созданы комиссии по устойчивости, в состав ко-

торых включались главные специалисты объектов народного хозяйства и представители территориальных плановых органов.

В марте 1979 году по инициативе Госплана СССР и Управления начальника Гражданской обороны СССР было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об утверждении общих требований по повышению устойчивости работы отраслей народного хозяйства в военное время», в котором были изложены основные направления повышения устойчивости функционирования народного хозяйства страны, его отраслевых и территориальных звеньев: обеспечение защиты населения и его жизнедеятельности в военное время; рациональное размещение производительных сил на территории страны; подготовка к работе в условиях военного времени отраслей народного хозяйства и промышленности; подготовка к выполнению работ по восстановлению народного хозяйства в условиях военного времени; подготовка системы управления народным хозяйством для решения задач военного времени.

На основе этих требований в 1980-1981 годах в министерствах, ведомствах СССР и союзных республиках были разработаны отраслевые и республиканские требования.

Глубокие изменения были внесены в систему подготовки руководящего состава органов гражданской обороны. Она охватила подготовку всех категорий кадров штабов, служб, сил гражданской обороны, объектов народного хозяйства, а также обучение всего населения способом защиты от оружия массового поражения.

Гражданская оборона СССР в эти годы была одной из лучших подобных систем в мире. Это признавали и вероятные противники. Не случайно при переговорах о сокращении стратегических сил возможности гражданской обороны также ложились в чашу весов аргументов. Была создана довольно мощная, со своей строгой организационной структурой, государственная всенародная система. Всенародный характер гражданской обороны — ее главное достоинство и отличие от аналогичных систем зарубежных государств.

Вместе с тем, со временем, выявились и серьезные издержки в стиле работы органов гражданской обороны. При проведении мероприятий гражданской обороны стал преобладать количественный подход в ущерб качеству. Ежегодно планировались десятки тысяч различных комплексных учений, других мероприятий без учета реальных возможностей по их материальному и техническому обеспечению, в упрощенной обстановке. Многие из проведенных мероприятий оказывались, по вполне понятным причинам, малоэффективными, а в некоторых случаях бесполезными. Назревала проблема перестройки гражданской обороны, что обусловливалось и ростом количества и масштабов в 80-е годы прошлого столетия возникающих чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Стало очевидным, что гражданская оборона не может ограничить свою деятельность рамками военного времени. Ее потенциал, силы и средства должны с большей эффективностью использоваться в мирных условиях при ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий.

Опыт ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году потребовал принятия ряда безотлагательных мер по дальнейшему совершенствованию системы гражданской обороны страны, развития ее в плане непосредственного решения задач по защите населения от чрезвычайных ситуаций, вызванных стихийными бедствиями, крупными авариями и катастрофами.

Такие меры были определены Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 886-213 от 30 июля 1987 года «О мерах по коренной перестройке системы гражданской обороны»:

возложение на гражданскую оборону задач по защите населения в мирное время от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и проведению спасательных и других неотложных работ в ходе их ликвидации;

создание мобильных отрядов специальной защиты на областном уровне, а также мобильных соединений и частей гражданской обороны постоянной готовности для экстренных действий в чрезвычайных ситуациях;

создание во всех республиках, краях, областях, городах, районах коллегиальных органов управления — постоянных чрезвычайных комиссий (ПЧК) и др.

Спитакское землетрясение в Армении в 1988 году вновь подтвердило, что гражданская оборона к решению задач защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера не готова. В связи с этим было принято решение о создании специальной государственной системы по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Образование государственной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях началось с создания в 1989 году в структуре Правительства СССР специального органа - Государственной комиссии Совета Министров СССР по чрезвычайным ситуациям, а затем в декабре 1990 года Государственной системы по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях.

Несколько позже в 1990 году в РСФСР был создан Российский корпус спасателей, на правах государственного комитета, преобразованный в 1991 году в Государственный Комитет Российской Федерации по чрезвычайным ситуациям, а в ноябре 1991 года на его базе и базе Штаба гражданской обороны РСФСР был создан Государственный Комитет РСФСР по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ГКЧС РСФСР), на который была возложена координация деятельности органов государственного управления РСФСР по защите населения и национального достояния, в том числе от опасностей, возникающих при ведении военных действий. В ведение Комитета были переданы войска, организации и учреждения гражданской обороны, дислоцированные на территории РСФСР.

С этого времени по настоящее время вся деятельность гражданской обороны Российской Федерации, ее развитие связана с ГКЧС РСФСР, а затем созданным на его базе Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

В апреле 1992 года была создана Российская система предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях, преобразованная позже в единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), в дальнейшем преобразованную в Единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Все эти годы задачей гражданской обороны, ее сил и средств, кроме основной задачи по защите населения от опасностей, возникающих при ведении военных действий, было участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

8 мая 1993 года Президентом Российской Федерации был подписан Указ «О гражданской обороне», в котором общее руководство гражданской обороны в Российской Федерации было возложено на Председателя Правительства Российской Федерации, который по должности стал начальником гражданской обороны страны. Его первым заместителем был определен Председатель ГКЧС России.

Указом предусматривалось комплектование войск гражданской обороны военнослужащими на добровольной основе — по контракту, что позволило увеличить

укомплектованность войск. Штабы гражданской обороны получили новое название - штабы по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям (штабы ГОЧС). Переименованием штабов было подчеркнуто, что проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера наравне с проблемами гражданской обороны становятся задачами этих штабов. Принятыми мерами удалось повысить потенциал гражданской обороны страны.

Дальнейшие события это подтвердили. Наиболее показательным было участие войск гражданской обороны в 1995-1996 годах в гуманитарных операциях в Чеченской Республике. Сводные отряды, сформированные на базе соединений воинских частей гражданской обороны, в условиях ведения боевых действий вели аварийно-спасательные работы, работы по оказанию гуманитарной помощи, эвакуации вынужденных переселенцев, восстановлению систем жизнеобеспечения, первоочередному жизнеобеспечению населения хлебом, водой, медикаментами, электроэнергией, газом, обрушению поврежденных зданий и конструкций, не подлежащих восстановлению, разборке и вывозу завалов, обнаружению и уничтожению взрывоопасных предметов.

12 февраля 1998 года Государственной Думой был принят Федеральный закон «О гражданской обороне» (№ 28-ФЗ). Впервые в истории России проблемы гражданской обороны были регламентированы законодательным актом.

Закон определил задачи, правовые основы их осуществления и полномочия органов государственной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций в области гражданской обороны. Указанный федеральный закон закрепил понятие гражданской обороны, как системы мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуации природного и техногенного характера; задачи в области гражданской обороны; принципы организации и ведения гражданской обороны; полномочия органов государственной власти Российской Федерации в области гражданской обороны, в том числе Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций; права и обязанности граждан Российской Федерации в области гражданской обороны; руководство гражданской обороной, органы, осуществляющие управление гражданской обороной; силы гражданской обороны, основы деятельности войск гражданской обороны и порядок финансирования мероприятий по гражданской обороне.

В целях совершенствования организации гражданской обороны постановлением Правительства Российской Федерации от 3 октября 1998 года № 1149 «О порядке отнесения территорий к группам по гражданской обороне» был утверждён Порядок отнесения территорий к группам по гражданской обороне, определяющий основные критерии и правила отнесения территорий к группам по гражданской обороне.

С 1999 года началось реформирование войск гражданской обороны, осуществляемое в соответствии с основными положениями военной реформы в Российской Федерации. Были сформированы спасательные центры, разработаны и утверждены план строительства войск гражданской обороны, и Программа вооружения войск гражданской обороны на период до 2005 года. Реформирование войск осуществлялось с учетом перехода от принципа их использования для прикрытия отдельных объектов к принципу прикрытия территорий. Это потребовало значительно увеличить

мобильность соединений и воинских частей, уровень их технической оснащенности и профессиональной подготовки.

5 января 2004 года Президентом Российской Федерации были утверждены «Основы единой государственной политики в области гражданской обороны на период до 2010 года». В этом документе были заложены основы подготовки государства к ведению гражданской обороны в новых политических и социально-экономических условиях, определены задачи, основные направления и пути реализации этой политики.

В эти годы была уточнена структура плана гражданской обороны, который отныне называется План гражданской обороны и защиты населения. В соответствии с Федеральным законом от 22 августа 2004 года № 122 был упразднен институт начальников гражданской обороны, ликвидированы службы гражданской обороны, разделены полномочия в области гражданской обороны между органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления. На гражданскую оборону была возложена задача по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, которую теперь решают, как РСЧС, так и гражданская оборона.

Основными направлениями совершенствования системы гражданской обороны в это время являлись:

интеграция гражданской обороны с РСЧС, максимально возможное обеспечение их органической связи и взаимодополнения;

осуществление новой политики в области гражданской обороны, предусматривающей разработку новых подходов к защите населения с учетом изменившегося характера современных войн и вооруженных конфликтов;

совершенствование подготовки сил гражданской обороны, обеспечение их готовности к ликвидации различных чрезвычайных ситуаций, вследствие сближения характера и объемов задач мирного и военного времени.

В целях дальнейшего развития сил гражданской обороны в 2011 году на базе соединений, воинских частей и организаций войск гражданской обороны были сформированы спасательные воинские формирования МЧС России, определены их задачи, порядок применения, организация деятельности, порядок комплектования и подготовки. Спасательные воинские формирования стали соединениями постоянной готовности, их возможности по проведению аварийно-спасательных работ повысились в 1,5 - 2 раза, улучшилось их оснащение, повысилась мобильность, готовность к применению, как в мирное, так и в военное время в существующей штатной структуре.

Гражданская оборона Российской Федерации на современном этапе составляет часть системы национальной безопасности и обороноспособности страны и предназначена для защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при ведении военных действий, а также для защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, и при террористических актах.

Организация и ведение гражданской обороны являются одними из важнейших функций государства, составными частями оборонного строительства. Это положение исходит из конституционных прав и обязанностей личности, общества и государства по защите от внешних и внутренних угроз. Организацией и ведением гражданской обороны как составными частями оборонного строительства, обеспечения безопасности, государство выполняет три важнейшие функции:

обеспечение защиты и жизнедеятельности населения, спасения и оказания помощи пострадавшим (социальная);

сохранение мобилизационных людских ресурсов и военно-экономического потенциала страны (оборонная);

сохранение объектов, существенно необходимых для устойчивого функционирования экономики, выживания населения, защита материальных и культурных ценностей (экономическая).

3 сентября 2011 года Указом Президента Российской Федерации № Пр-2613 были утверждены основы единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года.

Проведение единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны является важной задачей по совершенствованию оборонного строительства, обеспечению безопасности государства и целенаправленной деятельности органов государственной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в осуществлении защиты населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Для своевременного реагирования на сохраняющиеся и перспективные угрозы основными направлениями единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года являются:

развитие нормативно-правовой базы в области гражданской обороны;

совершенствование системы управления гражданской обороны;

совершенствование методов и способов защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

развитие сил гражданской обороны;

сохранение объектов, необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время;

совершенствование системы обучения населения, подготовки должностных лиц и работников в области гражданской обороны;

развитие международного сотрудничества в области гражданской обороны.

ЧАСТЬ 1. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ

Применительно[3] к специфике задач, решаемых гражданской обороной, под современными средствами поражения подразумеваются, в первую очередь, только те типы вооружений и средства их доставки, которые потенциально способны угрожать различным объектам тыла. К таковым можно отнести:

ядерное оружие и его носители;

обычные и управляемые авиабомбы (УАБ), в том числе модульной конструкции (с ракетным ускорителем);

управляемые ракеты воздушного и наземного базирования;

крылатые ракеты воздушного, наземного и морского базирования;

межконтинентальные баллистические ракеты в обычном и ядерном снаряжении;

средства доставки: стратегическая и тактическая авиация, надводные корабли и подводные лодки.

Практически все указанные средства вооружения используют аэрокосмические средства наведения на цель.

В настоящее время в соответствии с взглядами военных идеологов США развитие современного оружия, способного угрожать объектам тыла, в основном ориентировано на создание новейших образцов высокоточного оружия.

Глава 1. Оружие массового поражения

1. Ядерное оружие

Наиболее[4] важное оружие в арсеналах главных военных держав - ядерное, а также его носители.

Официально оно в достаточно больших количествах сейчас находится на вооружении пяти государств (США, Россия, Китай, Великобритания, Франция). Оно также фактически имеется в относительно небольших количествах в Израиле, Индии, Пакистане, в Северной Корее.

Ядерное оружие заняло ведущую роль в арсенале ядерных держав. В определенный период развития средств ведения войны ставка делалась лишь на ядерное оружие, обычное оружие, как бы, перестало быть необходимым. Это было время застоя в развитии высокоточных систем наведения и дальнобойных средств поражения обычными боеприпасами.

Оценка гибельных последствий ядерной войны началась в 60-е годы прошлого века. Уже тогда военными специалистами обсуждались вопросы о выборе целей для ядерных ударов, о масштабах возможного ущерба, о степени заражения местности. О влиянии ядерных ударов на гражданское население, на природную среду и т.п.

Однако в сознании военных и политиков ядерных держав по-прежнему сохраняется представление о высокой значимости ядерного оружия в системе вооружения их армий. И пока существует ядерное оружие, опасность возникновения ядерной войны не исключается.

Сейчас в большинстве ядерных государств ядерные силы представляют собой трио наземных, воздушных и морских ядерных сил и составляют основу стратегических вооружений.

[3] Осипов Д.М. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

[4] Осипов Д.М. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

1.1.1. Понятие о ядерном оружии. Ядерные заряды и боеприпасы. Средства и способы применения ядерного оружия[5]

Ядерным оружием называются боевые средства, поражающее действие которых обусловлено внутриядерной энергией, выделяющейся в результате взрывных процессов деления или синтеза ядер химических элементов.

При ядерном взрыве выделяется несравненно больше энергии, чем при обычном взрыве, причем концентрация энергии на единицу массы неимоверно велика. Так, количество энергии, выделяющейся при взрыве 1 т тротила, равно 10^9 кал. Такая же энергия освобождается при делении 50 мг урана или плутония или при синтезе 12 мг дейтериево-тритиевой смеси.

Мощность ядерного оружия определяется общим количеством высвобождаемой при взрыве энергии и характеризуется тротиловым эквивалентом, который численно равен массе такого количества тротила, энергия взрыва которого равна энергии взрыва данного ядерного заряда. Тротиловый эквивалент измеряется в тоннах (т), тыс. тонн (кт), млн. тонн (Мт).

Различают, в зависимости от целей классификации, тактическую и техническую классификации ядерных боеприпасов. Тактическая классификация отвечает на вопрос о принадлежности того или иного образца ядерного боеприпаса к виду вооруженных сил. Основными классификационными признаками для технической классификации являются (табл. 1.1): тип боеголовки, тип ядерного боеприпаса, тип носителя, мощность ядерного боеприпаса (тротиловый эквивалент), способ перевода массы ядерного взрывчатого вещества в надкритическое состояние.

Таблица 1.1

Техническая классификация ядерных боеприпасов

Классификационный признак	Классификационная структура				
	1	2	3	4	5
Тип боеголовки	Разделяющаяся	Неразделяющаяся			
Тип ядерного боеприпаса	Ядерный	Термоядерный	Комбинированный		
Тип носителя	Ракеты: стратегические, оперативно-тактические, тактические, управляемые	Бомбардировщики: стратегические, фронтовые, палубные	Артиллерия	Торпеды	Фугасы
Мощность ядерного боеприпаса	Сверхмал., менее 1кт	Малый, 1…10 кт	Средний, 10…100 кт	Крупный, 100 кт… 1 Мт	Сверхкрупный, более 1Мт
Способ перевода массы ЯВВ в надкритическое состояние	Пушечный	Имплозивный			

Ядерные боеприпасы. Источником энергии в ядерных боеприпасах является самоподдерживающаяся цепная реакция деления тяжелых ядер на тепловых нейтронах. Самоподдерживающейся цепной реакцией деления ядер называется реакция, ко-

[5] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

торая, начавшись делением одного или нескольких тяжелых ядер, продолжается в веществе без внешнего воздействия.

Изучение процесса деления урана показало, что под действием тепловых нейтронов делятся только уран-235, уран-233 и плутоний-239, а уран-238 поглощает тепловые нейтроны без деления.

Для инициирования самоподдерживающейся реакции деления теоретически необходим только один внешний нейтрон на всю массу ядерного заряда, причем любой энергии. Захват нейтрона ядром урана-235 приводит к появлению возбужденного составного ядра $^{236}{}_{92}U^*$, которое разделится на два осколка с выделением нейтронов и большого количества энергии (1.1).

$$^{235}{}_{92}U + {}^{1}{}_{0}n = {}^{236}{}_{92}U^* \rightarrow осколки + K_n + E \qquad (1.1)$$

Способность урана или плутония при своем делении испускать несколько нейтронов лежит в основе получения цепной ядерной реакции. Сущность ее состоит в следующем. Каждое деление ядра урана-235 на 2 осколка (2 новых радиоактивных ядра) сопровождается появлением 2-3 свободных (вторичных) нейтронов. Условимся, что при каждом делении ядра урана появляется 2 вторичных нейтрона, которые полностью используются для последующего деления ядер.

Тогда, сталкиваясь с двумя другими ядрами урана и вызывая их деление, образуется уже 4 свободных нейтрона. Те, в свою очередь, вызывают деление четырех ядер, при этом появляются уже 8 вторичных нейтронов и так далее (рис. 1.1). Таким образом, число разделившихся ядер все время возрастает по закону геометрической прогрессии с освобождением колоссальной энергии без какого-либо внешнего воздействия. Необходимым условием поддержания цепной реакции деления является то, чтобы на каждое разделившееся ядро приходилось в среднем не менее одного вторичного нейтрона, вызывающего деление следующего ядра. Число вторичных нейтронов, приходящееся в среднем на одно разделившееся ядро, называется коэффициентом развития цепной ядерной реакции деления K_n.

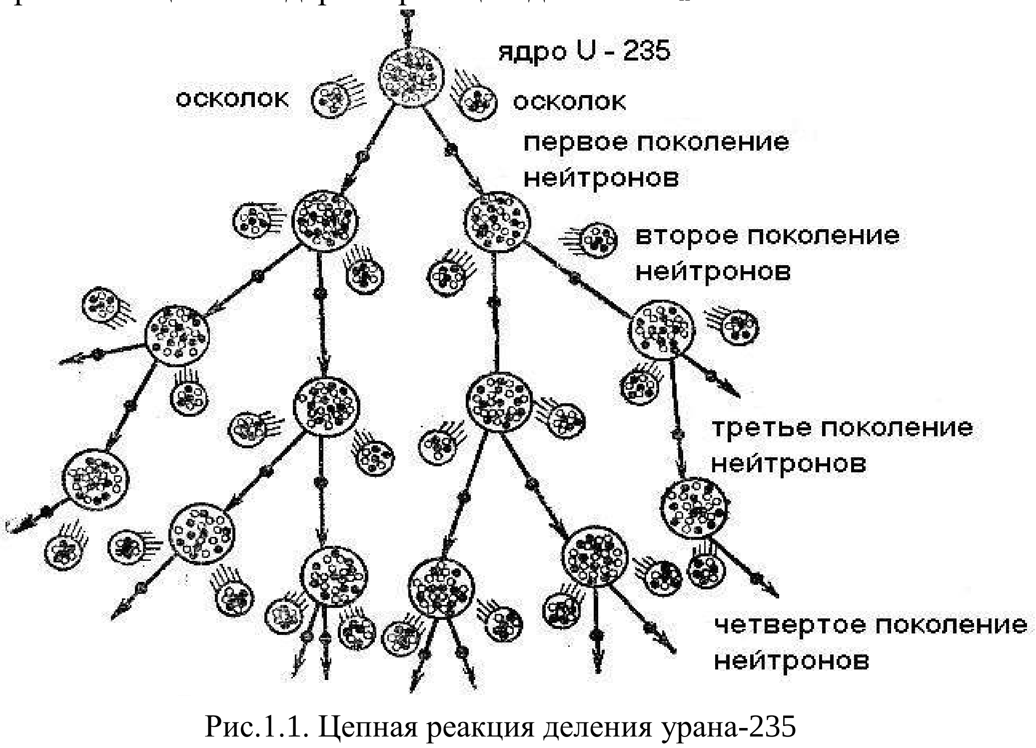


Рис.1.1. Цепная реакция деления урана-235

При коэффициенте развития реакции, превышающем единицу, число делящихся ядер лавинообразно нарастает, и реакция приобретает характер взрыва. Такое состояние системы принято называть надкритическим (сверхкритическим). При коэффициенте развития реакции деления меньше единицы, цепная ядерная реакция невозможна. Такое состояние системы принято называть подкритическим (докритическим).

Если коэффициент развития реакции равен единице, то цепная реакция протекает при постоянной скорости. Такое состояние системы принято называть критическим. Оно возможно не в любой массе делящегося вещества, а в строго определенной.

Наименьшее количество делящегося вещества, в котором возможна цепная ядерная реакция с постоянной скоростью, называется *критической массой.*

Ядро урана-238 делится при захвате только быстрых нейтронов с энергией, превышающей 1,5 МэВ. Поглощение быстрого нейтрона ураном-238 дает возбужденное составное ядро, которое разделится на осколки с выделением нейтронов и энергии (1.2)

$$^{238}_{92}\mathbf{U} + {^{1}_{0}\mathbf{n}} \rightarrow {^{239}_{92}\mathbf{U}^*} \rightarrow \textit{осколки} + K_n + E \qquad (1.2)$$

E >1,5МэВ

Однако последующий захват этих нейтронов ядрами урана-238 вызывает уже не деление, а реакцию радиационного захвата и цепная ядерная реакция прекращается, для её поддержания необходима постоянная «подпитка» реакции быстрыми нейтронами.

В ядерном заряде так называемого пушечного типа ядерное взрывчатое вещество до момента взрыва разделено на несколько частей, масса каждого из которых меньше критической. Для быстрого перевода ядерного заряда в надкритическое состояние применяется взрыв обычных взрывчатых веществ. В момент взрыва этих веществ все части ядерного заряда соединяются в единое целое, так что масса делящегося вещества становится больше критической. На рис. 1.2. представлена принципиальная схема ядерных боеприпасов с зарядами данного типа.

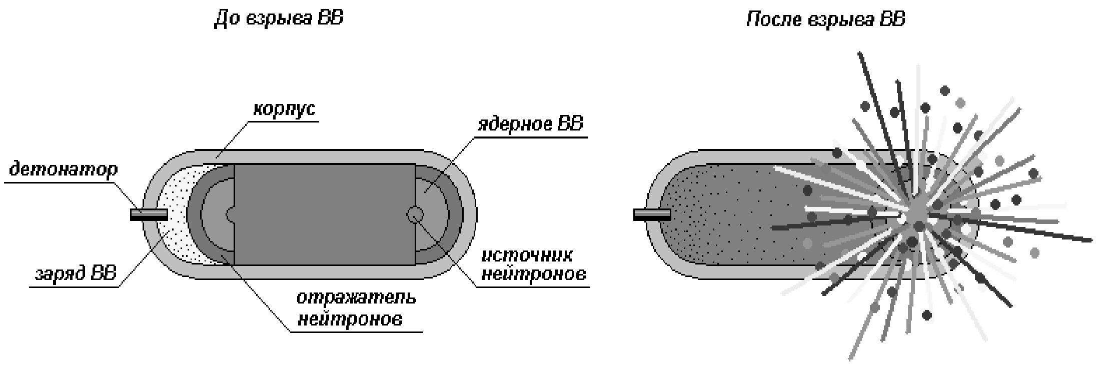


Рис. 1.2. Схема устройства ядерного заряда пушечного типа

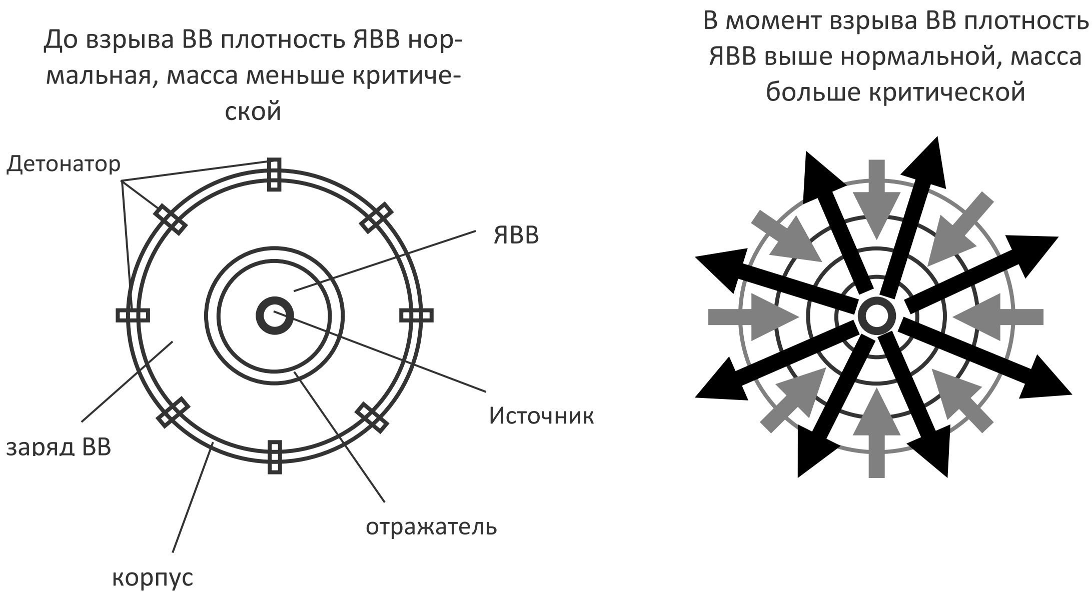


Рис. 1.3. Ядерный заряд_имплозивного типа

В ядерном заряде имплозивного типа (рис. 1.3) делящееся вещество до момента взрыва представляет единое целое, но размеры и плотность его таковы, что система находится в подкритическом состоянии. Вокруг ядерного заряда расположены заряды обычного ВВ, при одновременном подрыве которых делящееся вещество подвергается сильному обжатию, плотность его возрастает и заряд переходит в надкритическое состояние, происходит взрыв.

Термоядерные боеприпасы. Источником энергии в термоядерных боеприпасах является термоядерная реакция. Ядерные реакции, в которых кинетическая энергия взаимодействующих ядер, необходимая для их слияния (синтеза), приобретается разогревом, называются термоядерными реакциями.

Для слияния атомных ядер необходимо преодолеть кулоновские силы отталкивания, действующие между одинаково заряженными частицами. Сблизить ядра на такие расстояния, на которых начинают действовать ядерные силы притяжения, возможно при высокой температуре реагирующей смеси, когда подвижность ядер значительно возрастает, а, следовательно, и увеличивается вероятность протекания реакций синтеза. Реакции синтеза легких ядер протекают при температурах порядка десятков миллионов и более градусов, создаваемых в результате самоподдерживающейся цепной реакции деления атомного детонатора из урана-235.

В качестве исходного вещества для термоядерной реакции можно использовать твердое соединение дейтерида лития (LiD). При взрыве атомного детонатора заряд дейтерида лития нагревается до температуры 20…30 млн ºС. Одновременно с этим из зоны цепной реакции деления испускаются нейтроны, часть которых взаимодействует с ядрами лития по схеме

$$\mathbf{{}^{6}_{3}Li + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{3}_{1}H + 4{,}8\ МэВ} \qquad (1.3)$$

Образовавшийся при этом тритий ${}^{3}_{1}H$ немедленно вступает в реакцию с дейтерием ${}^{2}_{1}H$

$$\mathbf{{}^{3}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 17{,}6\ МэВ} \qquad (1.4)$$

Образуется замкнутый цикл реакций с воспроизводством трития из лития, в котором появляются нейтроны, имеющие энергию $E \approx 14$ МэВ

$$^{6}_{3}Li + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{3}_{1}H$$
$$^{3}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

Этот цикл обеспечивает высокоэффективное термоядерное взаимодействие и в то же время не требует введения трития извне.

Общее количество энергии, выделяющееся при реакции синтеза в 1 кг дейтериево-тритиевой смеси, примерно равно энергии взрыва 80 т тротила, что в 4 раза превосходит энерговыделение при реакции деления 1 кг урана.

Отношение количества энергии, выделившейся в результате реакции синтеза $g_{тя}$ к общей энергии взрыва g, называется коэффициентом термоядерности

$$\eta_{тя} = \frac{g_{тя}}{g} \cdot 100\ \% \qquad (1.5)$$

Главными элементами ядерного заряда, основанного на реакции синтеза, являются делящееся вещество (ЯВВ) и заряд для реакции синтеза, искусственный источник нейтронов, заряд обычного ВВ, отражатель нейтронов. Такой боеприпас называют термоядерным типа деление-синтез, схема такого боеприпаса представлена на рис. 1.4.

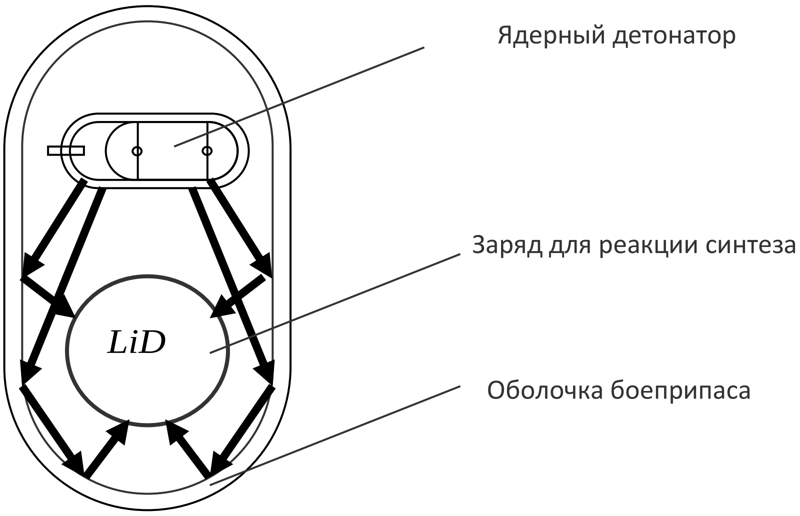


Рис. 1.4. Схема устройства термоядерного заряда типа «деление-синтез»

Комбинированные боеприпасы. Образующиеся при термоядерных реакциях нейтроны, как уже говорилось, обладают очень большой энергией и могут вызвать деление ядер U-238. Это обстоятельство позволило создать комбинированные заряды, в которых реакция синтеза используется как мощный источник быстрых нейтронов, обусловливающих деление большого числа ядер U-238. Таким образом протекают три стадии реакций: сначала деление, потом синтез и снова деление. Количество выделившейся энергии становится еще больше, такие боеприпасы называют комбинированными типа деление-синтез-деление.

Нейтронные боеприпасы. Нейтронный боеприпас представляет собой малогабаритный термоядерный заряд мощностью не более 10 тыс. т, у которого основная доля энергии выделяется за счет реакции синтеза ядер дейтерия и трития.

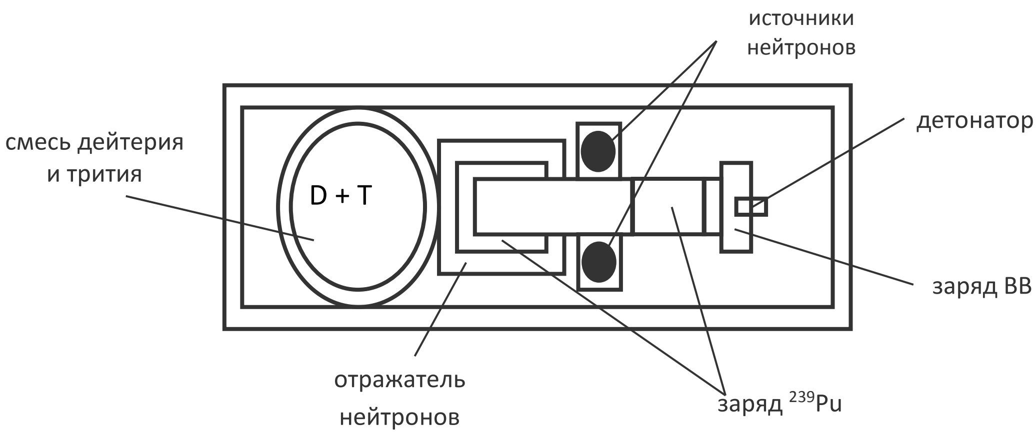


Рис. 1.5. Схема устройства нейтронного боеприпаса

$$^{3}_{1}\mathbf{H} + {}^{2}_{1}\mathbf{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathbf{H_e} + {}^{1}_{0}\mathbf{n} + 17{,}6\ \mathbf{МэВ} \qquad (1.6)$$

Нейтронная составляющая проникающей радиации и будет оказывать основное поражающее действие на личный состав.

В отличие от термоядерных боеприпасов большой мощности в нейтронных боеприпасах считается предпочтительным использовать смесь дейтерия с тритием. Получать тритий в ходе ядерных реакций считается невыгодно, так как это связано со значительным расходом образовавшихся нейтронов, взаимодействующих с литием.

Разнообразие устройства и калибров ядерных зарядов позволяет использовать их различными способами.

Ядерное оружие может быть применено для двух различных целей. Во-первых, оно может быть использовано для непосредственного воздействия на войска и технику противника на поле боя. Во-вторых, ядерное оружие может быть применено для нанесения мощных ударов по важнейшим промышленным, транспортным и политическим центрам противника.

В соответствии с решаемыми задачами ядерное оружие подразделяют на тактическое и стратегическое.

Тактическое ядерное оружие может быть различных калибров и иметь тротиловые эквиваленты примерно от 1000 до 50 000 т. Заряды наименьших калибров могут быть применены по переднему краю противника, в зенитной артиллерии для поражения самолетов противника, а также в воздушном бою. Возможно широкое применение ядерных зарядов в морских боеприпасах: в морских торпедах, минах, глубинных бомбах. Они могут применяться также для создания заграждений на суше и для ведения различных взрывных работ в грунтах и горных породах.

Способами доставки ядерных зарядов к целям могут быть неуправляемые и управляемые реактивные снаряды (ракеты) с разными дальностями стрельбы, самолеты, а также ствольная артиллерия более крупных калибров.

Средствами доставки ядерных боеприпасов могут являться баллистические ракеты, крылатые и зенитные ракеты, авиация. Ядерные боеприпасы применяются для снаряжения авиабомб, фугасов, торпед, артиллерийских снарядов.

1.1.2. Средства и способы защиты от поражающих факторов ядерного взрыва[6]

В процессе развития физических явлений, сопровождающих ядерный взрыв в воздухе, возникают воздушная ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, электромагнитный импульс, а также создается радиоактивное загрязнение местности и объектов.

Воздушная ударная волна поражает людей, разрушает боевую технику, вооружение и различные сооружения.

Световое излучение способно вызвать возгорание различных материалов, имущества, боевой техники и сооружений. У людей и животных оно вызывает ожоги кожи, поражение глаз и временное ослепление.

Проникающая радиация, воздействуя на людей и животных, вызывает у них специфическое заболевание – лучевую болезнь. Действуя на оптику, проникающая радиация может вызвать ее потемнение. Светочувствительные фотоматериалы под действием проникающей радиации становятся непригодными к использованию.

Радиоактивное загрязнение местности и объектов оказывает на людей и животных такое же поражающее действие, как и проникающая радиация.

Электромагнитный импульс при отсутствии специальных мер защиты может повреждать аппаратуру управления и связи, нарушать работу электрических устройств, подключенных к протяженным наружным линиям.

Ударная волна представляет собой область резкого и значительного по величине сжатия среды, распространяющуюся от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью.

Она может распространяться в воздухе, воде и грунте. В связи с этим ее называют воздушной ударной волной, ударной волной в воде или сейсмовзрывной волной в грунте.

Большинство разрушений и повреждений вооружения, боевой техники и сооружений обусловлено воздействием ударной волны. Заметим, что защищать различного рода сооружения и объекты от воздействия ударной волны достаточно трудно. Это дает право считать ударную волну одним из главных поражающих факторов.

На достаточно большом расстоянии от центра взрыва ударная волна представляет собой двухслойную сферическую область сильно сжатого и разреженного воздуха, распространяющуюся от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью (рис. 1.6).

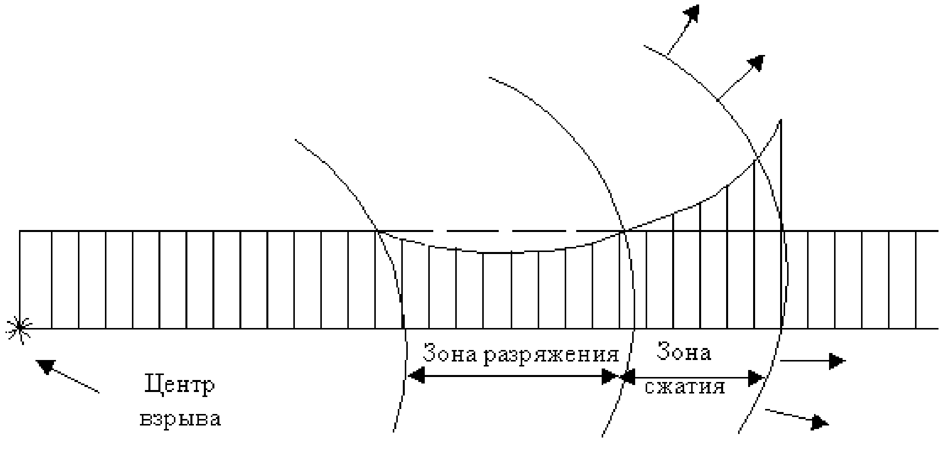


Рис. 1.6. Структура ударной волны

[6] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

В наружном слое давление воздуха выше атмосферного (зона сжатия). В зоне сжатия воздух движется в направлении от центра взрыва, а в зоне разрежения – в обратном направлении. На рис. 1.7 приведена кривая изменения давления во времени при прохождении ударной волны через фиксированную точку безграничного воздушного пространства.

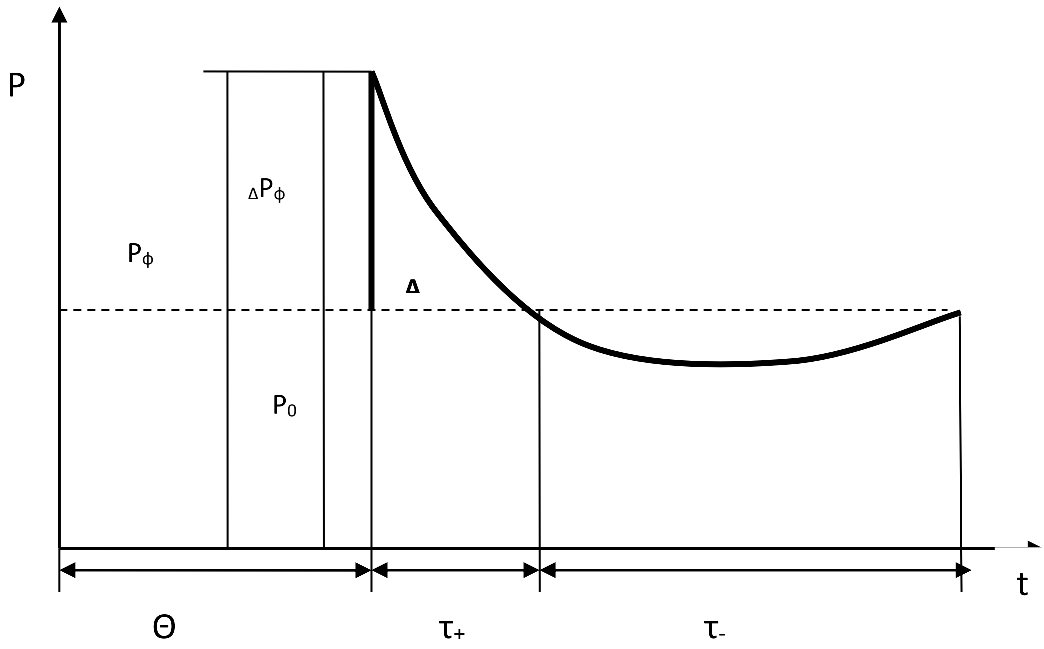


Рис. 1.7. Изменение давления во времени при прохождении ударной волны через фиксированную точку пространства

В точку А (рис. 1.7.) пространства ударная волна приходит спустя некоторое время после взрыва. До прихода фронта ударной волны в данной точке имеет место атмосферное давление Ро, а в момент прихода давление резко возрастает до величины давления во фронте ударной волны – Рф. Разность давлений во фронте ударной волны и атмосферного (Рф - Ро = ΔРф) называется избыточным давлением во фронте ударной волны. За фронтом ударной волны давление быстро падает и через некоторое время после прихода ударной волны становится меньше атмосферного, а затем восстанавливается до первоначального значения. Аналогичным образом изменяются плотность воздуха и его температура.

Время τ_+, в течение которого давление в ударной волне сохраняется выше атмосферного, называется фазой сжатия, а время τ_-, в течение которого давление остается ниже атмосферного, – фазой разрежения.

К основным параметрам поражающего действия ударной волны относятся: избыточное давление во фронте ударной волны, время действия ударной волны, скоростной напор.

Избыточное давление является основной характеристикой фазы сжатия, которая определяет поражающее действие ударной волны на объекты. Величина избыточного давления во фронте ударной волны при ее распространении в однородной безграничной атмосфере зависит от мощности взрыва и расстояния до его центра. Измеряется избыточное давление в кгс/см^2 (Па).

Время действия ударной волны определяется длительностью действия фазы сжатия. При увеличении мощности взрыва и расстояния до его центра время действия фазы сжатия увеличивается. Измеряется в секундах.

Скоростной напор ($\Delta P_{ск}$) – это динамическое давление движущихся масс воздуха во фронте ударной волны. Он является горизонтальной нагрузкой и характеризуется метательным действием ударной волны. Измеряется скоростной напор в кгс/см^2 (Па).

Характер и степень поражения людей и различного рода объектов ударной волной ядерного взрыва зависит в основном от величины избыточного давления во фронте ударной волны, а также от условий расположения войск и населения, степени их укрытости в момент взрыва. При прохождении ударной волны люди и различные объекты испытывают поражающее воздействие избыточного давления и метательное действие скоростного напора.

Поражающее действие ударной волны может быть непосредственным и косвенным (движущимися обломками и отдельными предметами). Часто поражения будут вызываться совместным воздействием как непосредственных, так и косвенных факторов.

Наибольшую опасность косвенные поражения людей будут представлять при их нахождении в лесу и населенных пунктах. Поэтому в этих условиях необходимо предусматривать защиту населения от обломков и других движущихся предметов.

Непосредственное поражение людей ударной волной является следствием резкого повышения давления вокруг организма и одностороннего воздействия движущегося воздуха. При подходе ударной волны в результате воздействия давления отражения тело человека испытывает мгновенный удар и в тканях тела возникает волна сжатия, вызывающая повреждение внутренних органов.

Поскольку размеры человека невелики (относительно ударной волны), то ударная волна быстро охватывает тело человека и сжимает его со всех сторон. Сильное сжатие и последующее разрежение вызывают кровоизлияния, разрывы барабанных перепонок и органов брюшной и грудной полостей. Особенно уязвимы легкие. При значительных давлениях воздух может попадать в легочные вены, а через них – в сердце и артерии. При этом смерть может быстро наступить от воздушной эмболии в сосудах сердца и мозга или от удушья при отеке легких или кровоизлияния в них.

Одновременно скоростной напор создает большое одностороннее направленное давление, которое может отбросить человека. Поражения при отбрасывании человека наиболее вероятны в момент его удара о твердую преграду. Действие скоростного напора на человека зависит от его положения к моменту подхода ударной волны. Например, при давлении 0,5 кгс/см^2 на человека в положении лежа действует сила скоростного напора, равная 50…100 кг, а в положении стоя сила давления скоростного напора может возрасти до 1000 кг. В последнем случае человек может быть отброшен с большой (до 8…10 м/с) скоростью по направлению движения ударной волны на расстояние в несколько десятков метров. Тяжесть поражения человека определяется параметрами ударной волны, условиями его расположения, степенью укрытия и др. факторами. В зависимости от этих условий возможны легкие, средние, тяжелые и крайне тяжелые (смертельные) поражения. В табл. 1.2. показана ориентировочная зависимость степени поражения от величины избыточного давления во фронте ударной волны при открытом расположении людей на местности.

При тяжелых поражениях наблюдаются травмы головного мозга, повреждения органов грудной и брюшной полости, переломы костей, кровотечение из носа и ушей. Пострадавшие с такими поражениями нуждаются в немедленной госпитализации и продолжительном (более 3 мес.) лечении. В процессе лечения возможны смертельные исходы.

При поражении средней тяжести могут быть ушибы тела, разрывы барабанных перепонок и другие повреждения. После травмы длительное время наблюдаются головные боли, нарушается память, возникают расстройства речи и слуха, кровотечение из ушей и носа. Такие пораженные нуждаются в госпитализации на различные сроки (до 3 мес.). В большинстве случаев лечение заканчивается выздоровлением.

Таблица 1.2.

Поражающее действие ударной волны на человека

№ п/п	Степень поражения	Избыточное давление, кгс/см^2
1	Крайне тяжелая (смертельная)	Свыше 1
2	Тяжелая	0,5…1,0
3	Средняя	0,4…0,5
4	Легкая	0,2…0,4

При легких поражениях люди, как правило, теряют сознание на непродолжительное время (несколько секунд), после чего возможны головокружение, звон и шум в ушах. При таких поражениях часть личного состава будет нуждаться в госпитализации или наблюдении при части в течение 7…15 сут., а в отдельных случаях до 1,5 мес. Люди, получившие легкие поражения в виде ушибов, ссадин, после оказания им медицинской помощи остаются в строю.

У подавляющего большинства вышедших из строя от действия воздушной ударной волны происходят разрывы барабанных перепонок и расстройство слуха (баротравмы). Боеспособность личного состава с такими поражениями вследствие ухудшения слуха может снижаться, особенно у лиц, работающих со средствами связи. Однако в немедленной госпитализации они, как правило, не нуждаются, и лишь спустя некоторое время часть из них вследствие развития осложнений (воспаление среднего уха) будут нуждаться в специализированной медицинской помощи.

Важное значение при поражении ударной волной имеет длительность фазы сжатия, которая возрастает с увеличением мощности взрыва. Это приводит к тому, что одинаковая степень поражения вызывается различными значениями избыточного давления: чем больше мощность взрыва, тем меньше давление, выводящее людей из строя.

Защита от поражения ударной волной обеспечивается изоляцией человека или объекта от воздействия избыточного давления и уменьшением силы скоростного напора. Наиболее надежную защиту обеспечивают специальные прочные сооружения закрытого типа, заглубленные в землю.

Конструктивно защитные сооружения подразделяются на подземные и котлованные (заглубленные и полузаглубленные). Если защитные сооружения котлованного типа невозможно заглубить в землю, то они располагаются на поверхности и называются обсыпными.

Практически постоянно и полностью обеспечить защиту всего личного состава и всех важных объектов с помощью закрытых сооружений (убежищ, укрытий, блиндажей и др.) невозможно. Поэтому должны использоваться открытые сооружения (траншеи, ходы сообщения, окопы, щели), которые уменьшают радиусы зон поражения ударной волной в 1,4 раза, а площади поражения и потери войск и населения примерно в 2…3 раза.

Если принять, что при воздушном ядерном взрыве безопасное расстояние для незащищенного человека составляет R км, то личный состав, находящийся в открытых фортификационных сооружениях, не будет поражен уже на удалении 2/3 R. Пе-

рекрытые траншеи уменьшают радиус поражающего действия в 2 раза, а блиндажи – в 3 раза. При нахождении в подземных прочных сооружениях на глубине более 10 м люди не поражаются даже если это сооружение находится в эпицентре воздушного ядерного взрыва (рис. 1.8).

Защитными свойствами от действия ударной волны обладают также танки, БТР и БМП.

При невозможности использовать защитные свойства различных сооружений следует применять элементарные меры защиты. Так как для незащищенного человека наибольшую опасность представляет скоростной напор, то целесообразно до подхода ударной волны лечь на землю лицом вниз, головой или ногами в сторону взрыва. При этом площадь поперечного сечения уменьшается примерно в 10 раз, а воздействие скоростного напора будет минимальным.

Воздействие скоростного напора снижают различные углубления (кюветы, ямы, воронки и др.) или невысокие прочные стенки, пни и другие предметы, за которыми можно укрыться.

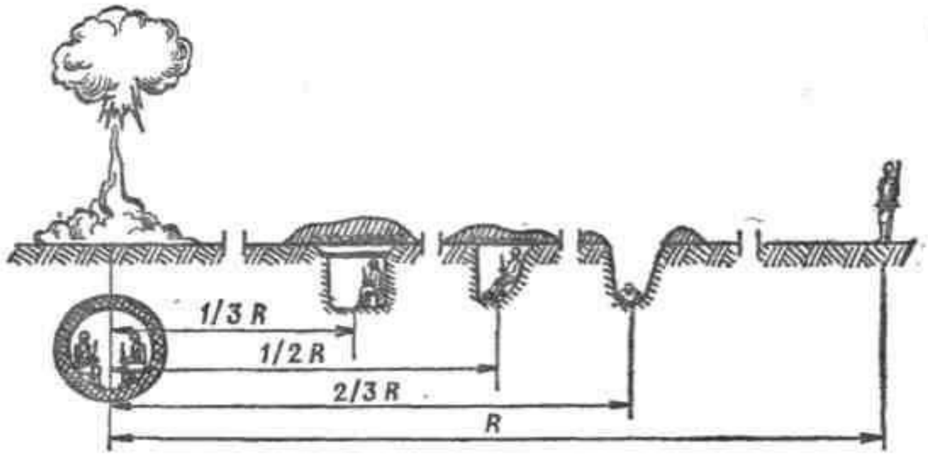


Рис. 1.8. Защитные свойства полевых фортификационных сооружений от воздушной ударной волны ядерного взрыва

Световое излучение ЯВ представляет собой поток лучистой энергии в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра электромагнитных волн.

Оно возникает сразу после взрыва совместно с образованием светящейся области гомотермического шара и распространяется со скоростью $3 \cdot 10^5$ км/с. Вследствие этого, время необходимое для прохождения лучистого потока от точки взрыва до объектов, находящихся даже на расстоянии десятков километров от места взрыва, практически равно нулю.

Световое излучение для ядерных взрывов мощностью более 10 кт, по сравнению с ударной волной и проникающей радиацией, имеет больший радиус поражения открыто расположенного личного состава и различных легко возгораемых объектов.

Источником светового излучения является светящаяся область ЯВ.

Форма светящейся области зависит от вида взрыва, при высоком воздушном взрыве она близка к сферической. Светящаяся область низкого воздушного взрыва, деформируясь ударной волной, отраженной от поверхности земли, принимает вид сферического сегмента. При наземном взрыве светящаяся область соприкасается с поверхностью земли и имеет форму полусферы, радиус которой в 1,2…1,3 раза больше радиуса огненного шара воздушного взрыва той же мощности.

Основным параметром, характеризующим эффективность поражающего действия светового излучения на различных расстояниях от центра ядерного взрыва, является световой импульс.

Световым импульсом U называется количество энергии прямого светового излучения, приходящееся на 1 $м^2$ неподвижной и неэкранированной поверхности, расположенной перпендикулярно к направлению распространения светового потока, за все время излучения. Измеряется световой импульс в $Дж/м^2$.

Величина светового импульса зависит от тротилового эквивалента взрыва, вида взрыва, расстояния и прозрачности атмосферы.

Световое излучение ослабляется вследствие поглощения и рассеяния его в атмосфере. С увеличением запыленности и влажности воздуха, характеризующейся появлением дымки, ослабление светового излучения усиливается. Коэффициент ослабления зависит также от высоты взрыва и высоты облучаемого объекта, над уровнем моря.

При взрыве над облаками излучение, идущее в направлении земли, будет ослаблено и как поражающий фактор его практически можно не учитывать. Причем, это явление обусловлено главным образом отражением светового излучения от облаков.

При взрыве под облаками облучение наземных объектов усиливается в результате отражения светового излучения от облаков. В пасмурную погоду при взрыве под облаками увеличение импульса облучения для наземных объектов может достигать пятидесяти процентов от импульса прямого излучения, в таких случаях световое излучение огненного шара действует иногда на объекты, которые закрыты от прямого светового потока.

У личного состава световое излучение ядерного взрыва может вызвать ожоги кожи и поражения глаз. Поражающее действие светового излучения определяется количеством поглощенной энергии. Энергия, поглощенная объектом, нагревает облучаемую поверхность. Поэтому основным видом поражений световым излучением являются тепловые поражения, которые характеризуются: степенью ожога, определяемого глубиной термического повреждения кожи и степенью тяжести термического поражения, зависящего от глубины и площади ожога, а также от его локализации.

По внешнему виду ожоги от светового излучения не отличаются от обычных ожогов пламенем. Различают четыре степени ожогов и четыре степени тяжести термических поражений человека. Например, обширные по площади ожоги даже I степени могут привести к потере боеспособности, в то время как при более сильном, но ограниченном по площади ожоге пострадавшие после оказания им медицинской помощи могут быть возвращены в строй. С увеличением площади ожога тяжесть термического поражения возрастает.

Ожоги I степени характеризуются болезненной краснотой и отеком кожи, ожоги II степени – образованием пузырей, ожоги III степени – омертвением кожи, ожоги IV степени – обугливанием кожи и глубоко лежащих тканей.

Термические поражения I степени тяжести (легкое поражение) характеризуются, как правило, благоприятным исходом; пораженные теряют боеспособность немедленно.

Термические поражения II степени тяжести (средней тяжести) отличаются более тяжелым течением заболевания. В результате развития осложнений возможны смертельные исходы (до 5 %).

Термические поражения III степени тяжести (тяжелое поражение) в 20…30 % случаев заканчиваются смертельным исходом.

При IV степени тяжести (крайне тяжелое поражение) личный состав, как правило, погибает в течение 10 сут. после поражения.

В табл. 1.3. представлена зависимость тяжести термического поражения от степени и площади ожога кожи.

Вследствие того, что энергия светового излучения поглощается поверхностным слоем материала различных объектов, в первую очередь нагревается этот сравнительно тонкий слой. Возникающий при этом перепад температур приводит к тому, что тепло от облучаемой поверхности отводится внутрь, в более глубокие слои материала. Поэтому степень поражения объекта зависит не только от количества поглощенной энергии, но и от теплофизических свойств (теплоемкости, теплопроводности) и толщины материала, а также продолжительности облучения.

Таблица 1.3

Зависимость тяжести термического поражения от степени и площади ожога кожи

Степень тяжести термического поражения	Процент поверхности тела со степенью ожога	
	второй	третьей
I	До 10	До 3
II	10…20	3…10
III	20…30	10…20
IV	Более 30	Более 20

Объекты могут обладать различной восприимчивостью к воздействию светового излучения. Негорючие материалы при поглощении определенного количества энергии будут деформироваться, оплавляться и терять прочность. Действие светового излучения на горючие материалы может привести к их возгоранию и образованию очагов пожара. Стадиями поражения таких материалов являются обугливание, тление, воспламенение и горение.

Поражающее действие светового излучения может быть значительно ослаблено или полностью исключено проведением соответствующих мероприятий по защите, которые сводятся к следующему:

экранированию, т. е. использованию рельефа местности, свойств лесных массивов и других местных предметов, защитных сооружений и маскирующих дымов и др.;

увеличению коэффициента отражения светового излучения поверхностями различных объектов (применение белых материалов, красок, использование обмазок светлых тонов, металлических отражающих поверхностей);

повышению стойкости объектов к световому излучению (использование огнестойких материалов и покрытий, обсыпок из грунта, обмазок из глины, увлажнения, ледяных рубашек и т. д.);

соблюдению пожарной безопасности (создание зон, лишенных горючих материалов, подготовка средств для тушения пожаров).

Проблема защиты органов зрения от светового излучения является довольно сложной задачей. Ранее предпринимались попытки решить проблему защиты глаз от ожогов и ослепления созданием экранирующих козырьков из светонепроницаемых материалов, а также использованием очков и щитков из светофильтров постоянной плотности (типа солнцезащитных). Подобные средства, уменьшая поражающее воздействие светового излучения на глаза, с одной стороны не создавали гарантированной защиты, а с другой – затрудняли действие личного состава в боевой обстановке.

Должный уровень защиты глаз от ослепления может быть достигнут только с использованием автоматических защитных экранов и светофильтров с быстро изменяющейся плотностью, которые способны ослаблять проходящий через них световой поток, испускаемый светящейся областью.

Очки с использованием специальной пластмассы, которая меняет свою прозрачность в зависимости от внешней освещенности, называют «фотохромными». Такие очки состоят на снабжении Вооруженных Сил РФ.

Проникающая радиация представляет собой поток гамма-лучей и нейтронов, испускаемых при ядерном взрыве. Поражающее действие проникающей радиации на наземные объекты продолжается в течение 15…25 с с момента взрыва.

Сущность поражающего действия проникающей радиации на человека состоит в ионизации атомов и молекул, входящих в состав тканей организма, в результате чего может развиться лучевая болезнь.

По тяжести заболевания лучевую болезнь принято делить на четыре степени: I степень (легкая), II степень (средняя), III степень (тяжелая) и IV степень (крайне тяжелая), (табл. 1.4.).

Степень тяжести заболевания определяется главным образом дозой радиации, полученной человеком, и характером облучения (общее или только некоторых участков тела). Кроме того, тяжесть поражения зависит от состояния организма до облучения, его индивидуальных особенностей и т. п. Переутомление, голодание, болезнь, травмы, ожоги повышают чувствительность организма к воздействию проникающей радиации; лучевая болезнь в этих случаях при равной дозе протекает более тяжело.

Таблица 1.4.

Степени лучевой болезни

№ п/п	Степень лучевой болезни	Наименование степени лучевой болезни	Доза облучения, рад
1	I степень	легкая	100…250
2	II степень	средняя	250…400
3	III степень	тяжелая	400…600
4	IV степень	крайне тяжелая	Более 600

Особенностью радиационного поражения является то, что в момент воздействия радиации человек не испытывает никаких болевых ощущений.

В течение лучевой болезни различают четыре периода, которые отчетливо проявляются при лучевой болезни II и III степени: начальный период (период первичной реакции); скрытый период; период разгара лучевой болезни; период выздоровления.

Для защиты от проникающей радиации могут использоваться защитные свойства различных сооружений, боевой техники, материалов и т. п.

Гамма-кванты взаимодействуют с электронной оболочкой ядра. Следовательно, чем больше электронная плотность вещества, тем интенсивнее взаимодействие фотонов с материалом защиты. Значит, гамма-излучение в более плотном веществе теряет энергии больше, чем в менее плотном. Отсюда следует, что гамма-излучение более эффективно ослабляется материалами, имеющими большой удельный вес (свинец, сталь, бетон).

В отличие от гамма-излучения нейтронный поток взаимодействует только с ядрами атомов. Взаимодействие нейтронов с материалом защиты приводит к уменьше-

нию нейтронного потока, а, следовательно, и к уменьшению дозы нейтронов. Однако в отличие от гамма-излучения наибольшее ослабляющее действие на поток нейтронов оказывают материалы, содержащие легкие ядра (вода, полиэтилен).

При рассмотрении поражения личного состава проникающей радиацией следует отметить, что дозы радиации в танках и БТР, выводящие из строя личный состав в течение первых суток, как правило, наблюдаются на расстояниях, значительно превышающих радиусы зон средних повреждений бронетанковой техники ударной волной.

Имеется значительная зона, где танки и БТР остаются пригодными для ведения боя, в то время как личный состав будет выведен из строя проникающей радиацией. Особенно велика эта зона при применении боеприпасов сверхмалого и малого калибров, так как при взрывах указанных боеприпасов доза облучения личного состава в основном определяется потоком нейтронов, которые относительно слабо поглощаются броней.

Наибольшей кратностью ослабления от проникающей радиации обладают фортификационные сооружения (перекрытые траншеи – до 130, убежища – до 3000).

В качестве средств, ослабляющих действие ионизирующих излучений на организм человека, могут быть использованы различные противорадиационные препараты (радиопротекторы).

Радиоактивное загрязнение местности, приземного слоя атмосферы и объектов. Местность, загрязненная радиоактивными веществами с мощностями доз излучения опасными для пребывания на ней человека, по площади во много раз превышает размеры зон поражения ударной волной, световым излучением и проникающей радиацией. Такие мощности доз излучения могут наблюдаться как в районе взрыва, так и на значительном удалении от него.

Кроме того, особенность радиоактивного загрязнения заключается в том, что радиоактивные вещества на местности не обнаруживаются органами чувств человека, а их активность не может быть изменена какими-либо физико-химическими методами.

После выпадения продуктов ядерного взрыва на местность (и другие объекты, расположенные на ней) образуется след радиоактивного загрязнения. Кроме местности, загрязнению подвергаются техника, вооружение, личный состав и т. д. Загрязненными могут оказаться вода, продовольствие, воздух.

Местность, которая подвергается радиоактивному загрязнению при ядерных взрывах, условно делится на два участка: район взрыва и след облака.

Участок местности, загрязненный радиоактивными веществами в результате касания светящейся области ядерного взрыва, разброса загрязненного грунта из воронки взрыва, воздействия нейтронного потока проникающей радиации на химические элементы, содержащиеся в грунте, называется зоной радиоактивного загрязнения в районе взрыва.

В свою очередь, район взрыва принято делить на две половины:

наветренную сторону, обращенную к ветру;

подветренную сторону.

Границами зон загрязнения являются изолинии, соединяющие точки с равными дозами радиации за время полного распада радиоактивных веществ на местности или мощностями доз излучения на различное время после взрыва.

След облака делится на четыре зоны загрязнения – А, Б, В и Г. Схема зон радиоактивного загрязнения представлена на рис. 1.9, а их характеристики приведены в табл. 1.5.

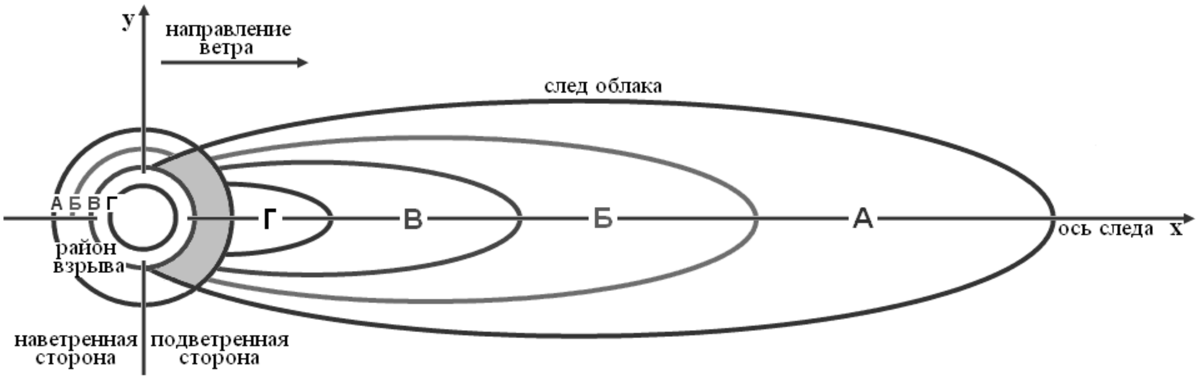


Рис. 1.9. Схема зон радиоактивного загрязнения местности

Таблица 1.5

Характеристика зон радиоактивного загрязнения

Зона	Характеристика зоны	Доза облучения до полного распада (D_∞) на границе зоны, рад	Мощность дозы излучения, рад/ч, на различное время после взрыва	
			на 1 ч.	на 10 ч.
А	Умеренного загрязнения	40	8	0,5
Б	Сильного загрязнения	400	80	5
В	Опасного загрязнения	1200	240	15
Г	Чрезвычайно опасного загрязнения	4000	800	50

Зона А – умеренного загрязнения. Дозы излучения до полного распада радиоактивных веществ на внешней границе зоны $Д_\infty$ = 40 рад, на внутренней границе $Д_\infty$ = 400 рад. Ее площадь составляет 70…80 % площади всего следа, на карты наносится синим цветом.

Зона Б – сильного загрязнения. Дозы излучения на границах $Д_\infty$ = 400 рад и $Д_\infty$ = 1200 рад. На долю этой зоны приходится примерно 10 % площади радиоактивного следа (наносится зеленым цветом).

Зона В – опасного загрязнения. Дозы излучения на ее внешней границе за период полного распада радиоактивных веществ $Д_\infty$ = 1200 рад, а на внутренней границе $Д_\infty$ = 4000 рад. Эта зона занимает примерно 8…10 % площади следа облака взрыва (наносится коричневым цветом).

Зона Г – чрезвычайно опасного загрязнения. Дозы излучения на ее внешней границе за период полного распада радиоактивных веществ $Д_\infty$ = 4000 рад, а в середине зоны $Д_\infty$ = 7000 рад (наносится черным цветом).

Мощности доз излучения на внешних границах этих зон через 1 ч после взрыва составляют соответственно 8, 80, 240 и 800 рад/ч, а через 10 ч – 0,5; 5; 15 и 50 рад/ч. Со временем мощности доз излучения на местности снижаются ориентировочно в 10 раз через отрезки времени, кратные 7. Например, через 7 ч после взрыва мощность дозы уменьшается в 10 раз, а через 49 ч – в 100 раз.

При нахождении людей на радиоактивно загрязненной местности ионизирующие излучения продуктов взрыва воздействуют на организм человека и вызывают его поражение. Это воздействие может проявляться как в результате *внешнего облучения*

(радиоактивные вещества находятся вне организма), так и при попадании радиоактивных веществ внутрь организма через органы дыхания, пищеварительный тракт, кожу и открытые раны (*внутреннее облучение*). В результате такого воздействия, как и при проникающей радиации, может развиться лучевая болезнь. Вместе с тем, степень поражения биологической ткани определяется главным образом внешним облучением.

Электромагнитный импульс. Ядерные взрывы в атмосфере и в более высоких слоях приводят к возникновению мощных электромагнитных полей с длинами волн 1…1000 м и более. Эти поля ввиду их кратковременного существования принято называть электромагнитным импульсом (ЭМИ). В результате возникновения напряжений и токов в проводниках различной протяженности ЭМИ может оказывать поражающее действие на радиоэлектронную аппаратуру и электротехническое оборудование; аппаратуру, кабельные и проводные линии систем связи, управления, энергоснабжения и т. п.

При наземном и низком воздушном взрывах воздействие ЭМИ наблюдается на расстоянии порядка нескольких километров от центра взрыва.

При высотном ядерном взрыве (H>10 км) могут возникать поля ЭМИ в зоне взрыва и на высотах 20…40 км от поверхности земли (рис. 1.10). ЭМИ в зоне взрыва возникает за счет быстрых электронов, которые образуются в результате взаимодействия гамма-квантов ядерного взрыва с материалом оболочки боеприпаса и рентгеновского излучения с атомами окружающего разреженного воздушного пространства.

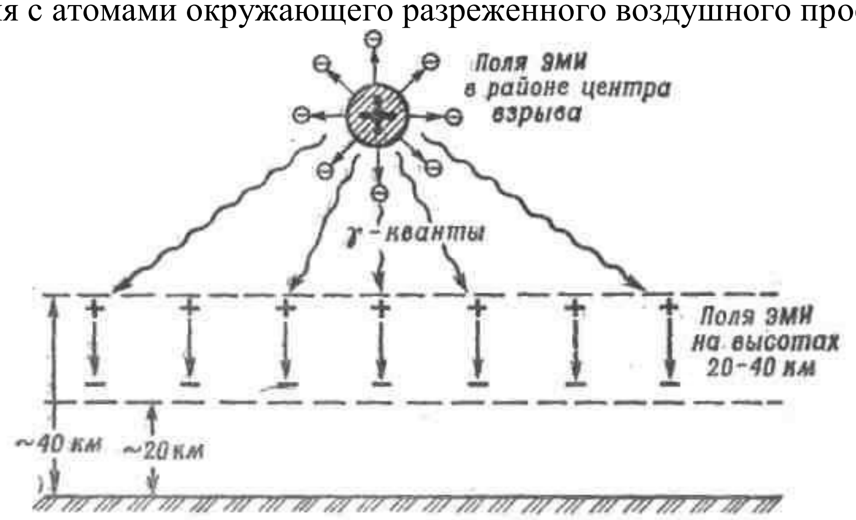


Рис. 1.10. Схема возникновения полей электромагнитного импульса при высотном ядерном взрыве

Основными параметрами электромагнитного импульса, характеризующими его поражающее действие, являются изменения напряженностей электрического и магнитного полей во времени (форма импульса) и их ориентация в пространстве, а также величина максимальной напряженности поля (амплитуда импульса).

Для низких воздушных взрывов параметры ЭМИ остаются примерно такими же, как и для наземных, но с увеличением высоты взрыва их амплитуды уменьшаются. Амплитуды ЭМИ подземного и надводного ядерных взрывов значительно меньше амплитуд ЭМИ взрывов в атмосфере, поэтому поражающее действие его при этих взрывах практически не проявляется.

Поражающее действие ЭМИ проявляется прежде всего по отношению к радиоэлектронной и электротехнической аппаратуре, в ней наводятся электрические токи и напряжения, которые могут вызвать пробой изоляции, повреждение трансформаторов и полупроводниковых приборов, сгорание разрядников, перегорание плавких вставок и

других элементов радиотехнических устройств. Наиболее подвержены воздействию ЭМИ линии связи, сигнализации и управления. Когда ЭМИ недостаточен для повреждения приборов или отдельных деталей, то возможно нарушение их работоспособности.

Если ядерные взрывы произойдут вблизи линий энергоснабжения, связи, имеющих большую протяженность, то наведенные в них напряжения могут распространяться по проводам на многие километры и вызывать повреждение аппаратуры и поражение личного состава, находящегося на безопасном удалении по отношению к другим поражающим факторам ядерного взрыва.

Высотный взрыв способен создавать помехи в работе средств связи на очень больших площадях.

Электромагнитный импульс может свидетельствовать о таких параметрах ядерного взрыва, как мощность, вид взрыва и координаты.

Защита от ЭМИ достигается экранированием линий энергоснабжения и управления, а также аппаратуры. Все наружные линии, например, должны быть двухпроводными, хорошо изолированными от земли, с малоинерционными разрядниками и плавкими вставками. Для защиты чувствительного электронного оборудования целесообразно использовать разрядники с небольшим порогом зажигания.

1.2.Химическое оружие[7]

1.2.1. Общие сведения о химическом оружии и отравляющих веществах

Химическое оружие (ХО) является одним из видов оружия массового поражения и до сих пор состоит на вооружении современных армий. Оно появилось до создания ядерного оружия и не потеряло своего оперативного значения после разработки и принятия на вооружения ядерных боеприпасов.

Химическим оружием называют боевые средства, поражающее действие которых основано на токсических свойствах отравляющих веществ, переведенных в боевое состояние.

Химическое оружие обладает рядом особенностей, которые можно подразделить на общие и частные (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Особенности химического оружия

Общие	Частные
Большие масштабы возможного применения и поражающего действия.	Трудность своевременного обнаружения факта применения.
Возможность нанесения смертельных и трудноизлечимых тяжелых поражений.	Избирательность поражающего действия.
Высокий морально - психологический эффект применения.	Объемность поражающего действия.
Генетические и экологические последствия.	Продолжительность поражающего действия.
Сложность своевременной защиты сил РСЧС и особенно населения.	Биохимический характер поражающего действия.
Трудность ликвидации последствий применения.	Возможность управления характером и степенью поражения.

Общие особенности характеризуют *ХО* как оружие массового поражения.

[7] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной, химической, экологической защиты»

Большие масштабы возможного применения и поражающего действия обусловлены высокой токсичностью современных ОВ, т. е. их способностью поражать живой организм. Возможность нанесения смертельных и трудно излечимых тяжелых поражений также связана с высокой токсичностью современных ОВ и реализуется при отсутствии или несвоевременном использовании средств защиты, при их неисправности и при применении ОВ, способных преодолеть средства защиты.

Высокий морально-психологический эффект применения ХО проявляется в следующем:

сложности определения самого факта применения ХО;

практически мгновенном проявлении признаков поражения у людей, оказавшихся в неисправных средствах защиты;

неожиданности гибели или тяжелого поражения этих людей;

неуверенности остальных в надежности своих средств защиты;

необходимости длительного пребывания в средствах защиты, снижающих боеи работоспособность.

Генетическое и экологическое последействия имеют место при применении ОВ:

воздействующих на растения и животных, а также на микроорганизмы плодородного слоя почвы;

изменяющих функционирование генного аппарата; оказывающих мутагенное действие на организм человека, причем с учетом особенностей разных этнических групп. Примером такого последействия являются применяемые армией США в Южном Вьетнаме фитотоксиканты, т. е. ОВ, предназначенные для поражения растений (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Последствия применения фитотоксикантов в химической войне США в Южном Вьетнаме

Показатели	Последствия
Всего применено ОВ	около 100 тыс. тонн
Поражено людей	более 1,2 млн. чел.
Количество бесплодных браков	увеличение в 8 раз
Рождение неполноценных детей	увеличение в 15 раз
Уничтожено лесов	43 %
Повреждено сельскохозяйственных земель	44 %
Период восстановления лесов и земель	более 100 лет

Сложность своевременной защиты определяется:

во-первых, минимизацией промежутка времени между обнаружением факта применения ХО и оповещением населения;

во-вторых, невозможностью быстрого укрытия всего населения в убежищах;

в-третьих, продолжительностью выдачи населению средств защиты.

Трудность ликвидации последствий применения определяется большими масштабами применения ХО, значительным количеством пораженных людей (в т. ч. санитарных потерь), требующих медицинской помощи, быстрым впитыванием ОВ в почву и различные материалы, продолжительностью сохранения опасности поражения, необходимостью дегазации техники, других объектов и санитарной обработки людей.

Частные особенности ХО определяют его специфику.

Трудность своевременного обнаружения факта применения связана с возможностью совместного применения образцов ХО с однотипными образцами обычного оружия в интересах маскировки или использования образцов ХО, действия которых не сопровождается заметными звуковыми и световыми эффектами.

Избирательность поражающего действия заключается в том, что объектами поражения при применении ХО являются только живые организмы. В отличие от ядерного оружия, ХО практически не разрушает здания (сооружения) и не повреждает технику. Только в случае ХО взрывного действия может иметь место частичное разрушение недостаточно прочных конструкций, причем в результате прямого попадания или взрыва в непосредственной близости от них.

Объемность поражающего действия проявляется в том, что воздух, зараженный ОВ, благодаря прониканию в любые негерметичные объекты (танки и боевые машины, дома, сооружения, транспортная техника), не имеющие специального защитного оборудования, оказывает поражающее воздействие на находящихся в них людей.

Продолжительность поражающего действия обусловлена способностью ОВ после применения сохранять, в течение определенного времени (для ряда ОВ – длительного), свои поражающие свойства.

Биохимический характер поражающего действия заключается в способности ОВ ингибировать (т. е. угнетать, тормозить) действие ферментов – белковых катализаторов химических реакций, и тем самым, нарушать метаболизм (обмен веществ), обеспечивающий жизнедеятельность живых организмов.

Возможность управления характером и степенью поражения объясняется наличием на вооружении современных армий целой гаммы ОВ, многообразных в изменчивости своих поражающих свойств (смертельные и не смертельные, местного и общего поражающего действия, кратковременно - и длительно действующие и т. д.). Поэтому, выбирая – в соответствии с задачей применения ХО – нужное ОВ и назначая ту или иную норму расхода, можно обеспечивать желательный результат поражения.

Выделяют три вида боевых состояний ОВ: пар (газ), аэрозоль и аэровзвесь (табл. 1.8).

Аэрозольное боевое состояние подразделяется на два вида: не оседающий аэрозоль (высоко- и тонкодисперсный аэрозоль), способный находиться в атмосфере достаточно продолжительное время, и грубодисперсный аэрозоль, частицы которого постепенно оседают на различные поверхности. Поэтому пар (газ) и не оседающий аэрозоль образуют не оседающую примесь ОВ к воздуху, а грубодисперсный аэрозоль и аэровзвесь – оседающую примесь.

Таблица 1.8.

Виды боевых состояний ОВ

Боевое состояние БТХВ		Интервал размеров частиц, мкм	Поведение в воздухе
Пар (газ)		менее 0,001	Неоседающая примесь
Аэрозоль	Неоседающий	0,001…30	
	Грубодисперсный	30…500	Оседающая примесь
Аэровзвесь (капли)		более 500	

В зависимости от вида боевого состояния ОВ и его поведения в атмосфере различают следующие поражающие факторы ХО:

1. Первичное (смешанное) облако ОВ представляет собой зараженный объем воздуха, который может в принципе включать в себя все три вида боевых состояний: пар, аэрозоль и аэровзвесь ОВ. Однако в большинстве случаев первичное облако ОВ будет содержать только два или даже один вид боевого состояния.

Первичное облако перемещается по направлению ветра и постепенно рассеивается, оказывая поражающее воздействие в течение определенного времени. Время воздействия зараженных осколков практически такое же, как в случае обычных осколочных боеприпасов.

Поверхности, зараженные ОВ, становятся вторичным поражающим фактором в связи с возникновением опасности поражения незащищенных людей при контактах с ними.

2. Вторичное облако образуется в результате испарения ОВ, находящегося на зараженных поверхностях, и представляет собой объем воздуха, зараженный образующимся при этом паром и распространяющийся по направлению ветра. При достаточно сильном ветре, передвижении войск и техники – вторичное облако пара ОВ может дополняться пылевым облаком, создаваемым пылью, поднимаемой с зараженной местности.

Поражающее действие вторичных поражающих факторов на людей продолжается длительное время: от нескольких часов до нескольких суток, недель и даже месяцев в зависимости от типа ОВ и метеорологических условий.

3. Осколки, зараженные ОВ, в тех случаях, когда они образуются, заносят ОВ в организм через раневые поверхности, что приводит к так называемым «микстовым», т. е. смешанным поражениям.

Классификация отравляющих веществ

Для решения вопросов, связанных с мероприятиями химической защиты при применении ХО, целесообразно исходить из комбинированной классификации ОВ, включающей токсикологическую (физиологическую) и тактическую классификации (табл. 1.9).

Тактическая классификация подразделяет ОВ на группы по боевому назначению, при этом все ОВ делят на две группы:

смертельного действия – вещества, предназначенные для уничтожения живой силы, к которым относятся ОВ нервнопаралитического, кожно-нарывного, общеядовитого и удушающего действия;

временно выводящие живую силу из строя – вещества, позволяющие решать тактические задачи по выведению живой силы из строя на сроки от нескольких минут до нескольких суток. К ним относятся психотропные вещества (инкапаситанты) и раздражающие вещества (ирританты).

Согласно токсикологической классификации, которую часто, хотя и не совсем точно, называют физиологической, класс ОВ по преобладающему виду поражающего действия разделяется на шесть групп:

нервнопаралитические (VX, GB, GD);
кожно-нарывные (HD, HN);
общеядовитые (AC, CK);
удушающие (CG);
психохимические (BZ);
раздражающие (CN, DM, CS, CR).

Таблица 1.9.

Классификация отравляющих веществ

Тактическая	Физиологическая		Условные названия и шифры
ОВ смертельного действия	Нервно-паралитического действия		Зарин (GB)
			Зоман (GD)
			Ви-экс (VX)
	Кожно-нарывного действия		Иприт (H, HD)
			Люизит (L)
	Общеядовитого действия		Синильная кислота (AC)
			Хлорциан (CK)
	Удушающего действия		Фосген (CG)
			Дифосген (DP)
ОВ, временно выводящие из строя	Психотропного действия (инкапаситанты, психотомиметики)		Би-зед (BZ)
			LSD-25
	Раздражающего действия (ирританты)	Лакриматоры	Си-эс (CS)
			Си-ар (CR)
			Хлорацетофенон (CN)
			Хлорпикрин (PS)
		Стерниты	Адамсит (DM)
			Дифенилхлорарсин (DA)
			Дифенилцианарсин (DC)

Группа ОВ нервнопаралитического действия объединяет соединения (VX, GB, GD), специфически нарушающие нормальное функционирование нервной системы с появлением судорог, переходящих в параличи. К данной группе относятся производные фосфорной и алкилфосфоновых кислот, которые имеют второе название фосфорорганические отравляющие вещества (ФОВ). Данные ОВ представляют собой прозрачные бесцветные (слегка желтоватые) жидкости без запаха, GD с камфарным запахом.

Отравляющее вещество VX – одно из основных веществ смертельного действия, предназначенное для уничтожения живой силы. Считается, что в виде тонкодисперсного аэрозоля VX эффективно действует через органы дыхания, в виде грубодисперсного аэрозоля и капель – действует через кожные покровы и одежду, а также на длительное время заражает местность, вооружение, технику и открытые источники воды. По сравнению с другими ФОВ для VX характерна более высокая кожно-резорбтивная токсичность и быстрое всасывание через кожные покровы.

Причиной высокой токсичности ФОВ является химическое связывание ими холинэстеразы с образованием фосфорилированного фермента, следствием чего является потеря ферментом каталитической активности. Тяжесть поражения веществом GB и другими ФОВ определяется степенью связывания ими холинэстеразы, регулирующей процесс передачи нервных импульсов.

Признаки поражения: миоз, слюноотделение, потливость, спазм кровеносных сосудов, бронхов, легких и сердечной мышцы, одышка, затруднение дыхания, болевые ощущения в груди и в области лба, общая слабость и ослабление сознания, тошнота и рвота, моче- и калоотделение, удушье и судороги.

При появлении первых признаков поражения необходимо предотвратить дальнейшее поступление ОВ в организм (надеть противогаз на пораженного) и ввести подкожно или внутримышечно антидот (атропин, афин, будаксим) из шприц-тюбика.

Содержимое шприц-тюбика, введенное не позднее чем через 10 мин после поражения, способно нейтрализовать одну смертельную дозу ОВ.

К группе ОВ кожно-нарывного действия относят иприт, люизит (HD, L), представляющие собой бесцветные, высококипящие, маслянистые жидкости.

Иприт является ферментным ядом, нарушающим процесс энергоснабжения клеток и всего организма. Кожно-нарывное действие иприта обусловлено взаимодействием ОВ со структурными белками клеточных мембран. Попадание на кожу капель или аэрозоля иприта, равно как и контакт кожных покровов с парообразным ОВ, первоначально не вызывает никаких неприятных ощущений. В течение первых 2…5 мин иприт преодолевает верхние слои кожи, через 7…10 мин он растворяется в подкожной жировой клетчатке, а через 20…30 мин полностью всасывается и попадает в кровяное русло.

Признаки поражения проявляются в воспалении кожных покровов различной степени – от покраснения до образования гнойных инфильтратов, переходящих в язвы. ОВ кожно-нарывного действия обладают также общеядовитым действием за счет всасывания их через кожу в кровь.

Иприт обладает многообразным действием на организм человека, и это является основной причиной отсутствия антидотов против него и сложности лечения поражений.

Очень чувствительны к иприту глаза. При попадании в глаза капель или аэрозоля ОВ уже через 30 мин появляются чувство жжения, зуд и усиливающиеся боли. Поражение быстро развивается в глубину и большей частью завершается потерей зрения. Иприт обладает кумулятивными свойствами.

Противогаз надежно защищает от иприта органы дыхания и глаза. Для предотвращения местного и общего поражения через кожу необходима специальная защитная одежда, так как иприт через 3 ч проникает через хлопчатобумажное обмундирование. Видимые капли или грубодисперсный аэрозоль иприта, попавшие на кожу и одежду, необходимо удалить тампоном и обработать эти места из индивидуального противохимического пакета или растворами солей монохлорамина.

К группе ОВ общеядовитого действия относятся синильная кислота (АС), хлорциан (СК), представляющие собой бесцветные, высоколетучие жидкости. Синильная кислота и хлорциан специфично действуют на цитохромоксидазу и нарушают тканевое дыхание на этане усвоения кислорода клетками.

При вдыхании их паров последовательно проявляются ощущение горечи и металлического вкуса во рту, чувство першения в горле, тошнота, головная боль, слабость, одышка, судороги, потеря сознания и смерть от паралича сердечной деятельности.

Для обезвреживания АС, СК возможно использование веществ, легко реагирующих с ними с образованием неядовитых продуктов: коллоидной серы и тиосульфата натрия Na2S2O3, превращающих цианиды в нетоксичную роданистоводородную кислоту.

Современный фильтрующий противогаз надежно защищает органы дыхания от воздействия АС и СК, при поражении ими следует применять антидот – амилнитрит.

В группу веществ удушающего действия входят ОВ с высокой летучестью (CG и DP) которые при вдыхании взаимодействуют с функциональными группами клеток, образующих стенки лёгочных альвеол, что приводит к повышению их проницаемости и заполнению плазмой крови. Более 30 % плазмы крови переходит в легкие, которые разбухают и увеличиваются в массе, нормальный газообмен в легких нарушается и возникает токсический отек.

Фосген (CG) – бесцветный газ, тяжелее воздуха с неприятным запахом прелого сена или гнилых яблок.

Признаки поражения: металлический привкус во рту, першение в горле, ярко-розовая окраска слизистых оболочек и кожи лица, тошнота, рвота, боль и чувство стеснения в груди, расширение зрачков глаз, судороги и остановка дыхания.

Защита – противогаз, для нейтрализации фосгена рекомендуются вода, растворы щелочей и щелочные отходы производства, газообразный аммиак и его водные растворы.

К ОВ, временно выводящим живую силу из строя относятся вещества психотропного действия (инкапаситанты) и раздражающего действия (ирританты).

Инкапаситанты (BZ и LSD) способны вызвать у здоровых людей психические аномалии или физическую неспособность к выполнению стоящих перед ними задач. По внешнему виду – это белые кристаллические или бесцветные вещества без вкуса и запаха.

Признаки поражения проявляются в расширении зрачков, сухости во рту, учащении сердцебиения, головокружении, мышечной слабости. Через 30…60 мин наблюдаются ослабление памяти и внимания, снижение реакции на внешние раздражители. Пораженный теряет ориентацию, возникают явления психомоторного возбуждения, периодически сменяющиеся галлюцинациями. Контакт с окружающим миром теряется. Психотоксический эффект продолжается 1…4 суток в зависимости от дозы и состояния пораженного.

Ирритантами являются вещества, раздражающие слизистые оболочки глаз, верхних дыхательных путей, а иногда и кожных покровов. Они в свою очередь подразделяются на лакриматоры и стерниты.

К лакриматорам, или слезоточивым веществам (CS, CR, CN и PS), относят соединения, действующие на чувствительные нервные окончания слизистых оболочек глаз и вызывающие обильное слезотечение.

При контакте с поверхностью кожи в высоких концентрациях возможно развитие эритемы. Жжение и зуд кожи, особенно потной или разгоряченной, являются первыми признаками, которые наступают сразу после попадания в зараженную атмосферу.

Стернитами или чихательными веществами (DM, DA, DC) называют химические соединения, преимущественно действующие на чувствительные нервные окончания слизистых оболочек верхних дыхательных путей и вызывающие раздражение полости носоглотки, сопровождаемое неудержимым чиханием, кашлем и загрудинными болями.

В тяжелых случаях возможны поражения дыхательного тракта, приводящие к токсическому отеку легких.

Надежной защитой от ОВ, временно выводящих живую силу из строя служит противогаз, а иногда средства защиты кожи.

Токсинами называют химические вещества белковой природы растительного, животного, микробного или иного происхождения, обладающие высокой токсичностью и способные при их применении оказывать поражающее действие на организм человека и животных.

До настоящего времени токсины еще нередко относят к биологическому оружию, основываясь на том, что продуцентами наиболее эффективных, с военной точки зрения, токсинов являются бактерии. Однако в отличие от биологических организмов токсины нежизнеспособны. Токсинные поражения не являются инфекционными за-

болеваниями, то есть не передаются другим людям и животным, а сам токсин образуется задолго до того, как он проник в организм.

Основным назначением токсинов является уничтожение или временное выведение из строя живой силы, при этом она может быть защищена противогазами и средствами защиты кожи.

В зависимости от источника происхождения все токсины подразделяются на три группы:

фитотоксины – токсины растительного происхождения, продуцируемые отдельными растениями;

зоотоксины – токсины животного происхождения, продуцируемые некоторыми видами животных и входящие в состав яда этих животных, нередко выделяемого во внешнюю среду;

микробные токсины, вырабатываемые многими видами микроорганизмов и являющиеся причиной отравлений и заболеваний.

В зависимости от роли токсина в жизнедеятельности организма-продуцента (в основном это относится к бактериям) различают две группы токсинов: эндотоксины и экзотоксины. Эндотоксины – продукты обмена веществ, функционирующие внутри клеток в качестве метаболитов. Они выделяются во внешнюю среду только после гибели клеток, например, после разложения микроорганизмов. Экзотоксины также вырабатываются при внутриклеточном обмене веществ, но выделяются клетками-продуцентами в окружающую среду в процессе жизнедеятельности. Обычно экзотоксины – это белки, которые сохраняют свою биоактивность вне клетки. Наиболее распространенным экзотоксином является ботулинический (XR)

В качестве табельных фитотоксикантов на вооружении армии США состоят три основные рецептуры: «оранжевая» («orange»), «белая» («white») и «синяя» («blue»). Особую опасность для человека и животных представляет диоксин – технологическая примесь «оранжевой» рецептуры.

Для оценки поражающего действия ХО существуют количественные показатели – это концентрация ОВ, плотность заражения и дозы ОВ.

Основным количественным показателем является *концентрация ОВ*, т. е. его количество в том или ином боевом состоянии, содержащееся в единице объема среды. При этом среда может быть газообразной (воздух), жидкой (вода или другие растворители) и твердой (грунт, лакокрасочные покрытия и другие пористые материалы). Обычно концентрация обозначается через С и имеет размерность г/м^3 или мг/м^3.

Дозы ОВ и плотность заражения - это интегральные количественные показатели, связанные с концентрацией ОВ.

Существуют пути проникновения ОВ внутрь организма: ингаляционный – через органы дыхания, кожно-резорбтивный – через кожные покровы и пероральный (или алиментарный) – через желудочно-кишечный тракт.

Доза вещества, вызывающая определенный токсический эффект, называется токсической дозой (D).

Токсическая доза, вызывающая равные по тяжести поражения, зависит от свойств ОВ, условий применения и пути проникновения в организм. В зависимости от пути поступления в организм различают кожно-резорбтивные, пероральные и ингаляционные токсодозы. Кожно-резорбтивные и пероральные токсодозы измеряются в миллиграммах на килограмм веса (мг/кг), ингаляционные – в мг·с/м3. Все токсодозы подразделяются на смертельные (LD - кожно-резорбтивные и пероральные, $LC\tau$ – ингаляционные), выводящие из строя (JD, $JC\tau$) и пороговые (PD, $PC\tau$). При оценке эф-

фективности ОВ обычно используют числовые значения доз, приводящие к поражению в 50 % случаев LD50, JD50, PD50, LCτ50, JCτ50, PCτ50 (средние смертельные, средние выводящие из строя, средние пороговые).

В табл. 1.10, 1.11 приведены токсические характеристики ОВ. Значения кожно-резорбтивных токсодоз справедливы для бесконечно большой экспозиции, т. е. когда попавшее на кожу ОВ не удаляется и не дегазируется.

Токсичность ОВ, поражающих людей ингаляционным путем, оценивается величиной концентрации С пара или тумана, приводящей

Таблица 1.10.

Значения токсодоз ОВ кожно-резорбтивного действия в мг/чел.

Отравляющие вещества	При действии через открытые кожные покровы			При действии через обмундирование
	LD_{50}	JD_{50}	PD_{50}	JD_{50}
VX	6…10	3…5	0,1	100
Зоман	49…98	28	1,4	-
Иприт	$4{,}9.10^3$	350	2,1	1400

при данной экспозиции и объеме легочной вентиляции к поражению той или иной степени тяжести. Токсичность ОВ при ингаляции зависит от физической нагрузки на человека. С увеличением интенсивности дыхания возрастает и быстродействие ОВ. Для зарина при легочной вентиляции 10 л/мин и 40 л/мин значения LCt50 составляют соответственно 0,07 мг мин/л и 0,025 мг мин/л.

Таблица 1.11.

Значения средних ингаляционных токсодоз в кг·с/м³·10³

ОВ	Токсодозы		
	LCt_{50}	JCt_{50}	PCt_{50}
VX	0,6…2,7	0,3…1,35	0,015…0,02
Зоман	1,5…3,0	0,7…1,5	0,03
Зарин	3,0…6,0	1,5…3,0	0,12
Иприт	90	27	1,9
Фосген	190	96	43
Хлорциан	660	420	-
Адамсит	90	0,5…1,5	-
Си - эс	1800…3650	0,6…1,2	3

1.2.2. Средства и способы применения отравляющих веществ и способы защиты от них

Средства, предназначенные для боевого применения ОВ, относятся к химическим средствам поражения. Это совокупность химических боеприпасов и боевых приборов различного типа, предназначенных для применения носителями, обеспечивающими их доставку к объекту поражения.

Химический боеприпас - боевое средство однократного использования, предназначенное для перевода ОВ в боевое состояние (химические снаряды, химические авиационные бомбы, химические кассетные элементы, химические боевые части ракет, химические фугасы, химические шашки, гранаты и патроны).

Химический боевой прибор - боевое средство многократного использования, предназначенное для перевода ОВ в боевое состояние (выливные авиационные приборы и механические генераторы аэрозолей ОВ).

По средствам доставки химических боеприпасов и боевых приборов к поражаемой цели различают:

химические боеприпасы артиллерии (ствольной и реактивной);

химические боевые части (ХБЧ) ракет;

химические боеприпасы и боевые приборы авиации.

Ствольная артиллерия армии США имеет на вооружении химические снаряды, снаряженные жидкими и твердыми ОВ. Химические снаряды реактивной артиллерии снаряжаются только жидкими ОВ нервно-паралитического действия (табл. 1.12).

Артиллерийские химические снаряды, снаряженные твердыми ОВ типа CS, представляют собой боеприпасы кассетного типа дистанционного действия.

Таблица 1.12.

Химические боеприпасы артиллерии

Калибр боеприпаса	Шифр		Масса ОВ в боеприпасе, кг	Взрыватель
	боеприпаса	ОВ		
105 – мм снаряд	M60	HD	1,36	К*
	M360	GB	0,75	К
		CS	1,50	Д
155 – мм снаряд	M110	YD	5,31	К
	M122	GB	2,95	К
	M121	VX	2,70	НК
	XM631	CS	4,50	Д
203,2 – мм снаряд	M426	GB	7,20	К
		VX	6,40	НК
115 – мм РС к РСЗО М 91	MK55	GB	4,80	К
		VX	4,54	НК
127 – мм РС к 48 ствольной РСЗО М105 (ВМС)	MK53	GB	1,50	К

Примечание *) К – контактный, НК – неконтактный, Д – дистанционный, РС – реактивный снаряд, РСЗО – реактивная система залпового огня.

Большая насыщенность войск артиллерией, ее надежность, значительная дальность и точность стрельбы, маневренность, готовность ведения огня в любых метеорологических условиях привлекают и в настоящее время военных специалистов к ней как одному из надежных средств применения химического оружия.

Химические боевые части (ХБЧ) управляемых и неуправляемых тактических ракет представляют собой боеприпасы кассетного типа, которые содержат химические кассетные элементы – бомбы малого калибра (БМК).

Химическая боевая часть ракеты может иметь один и более взрывателей. По принципу действия они могут быть механическими, барометрическими или радиолокационными; по расположению – головными или донными.

Площадь рассеивания БМК от одиночной ХБЧ ракеты зависит от фактической высоты ее вскрытия. С увеличением высоты вскрытия площадь рассеивания БМК увеличивается, а вероятность поражения личного состава на этой площади уменьшается.

Основными средствами применения ОВ ВВС армии США являются химические авиационные бомбы (ХАБ), кассеты и выливные авиационные приборы (ВАП). Химические боеприпасы и боевые приборы авиации предназначены для поражения личного состава, заражения вооружения, военной техники и местности.

ХАБ конструктивно делятся на бомбы крупного и малого калибра.

Авиационные химические кассеты предназначены для поражения личного состава до надевания противогазов в результате разрывов кассетных малогабаритных бомб (кассетных боевых элементов) на площади поражаемой цели.

По способу применения авиационные химические кассеты классифицируются на сбрасываемые и несбрасываемые. Сбрасываемая кассета при бомбометании отделяется от самолета и по истечении определенного времени срабатывает на некоторой высоте с выбросом кассетных элементов, имеющих в большинстве случаев контактные взрыватели.

Основным элементом конструкции несбрасываемых кассет является кассетная установка типа SUU-13/A (США), имеющая 40 цилиндрических направляющих, оборудованных таким же количеством электроразъемов для соединения цепей отстреливания каждого кассетного элемента.

Выливные авиационные приборы ВВС и ВМС США – боеприпасы цилиндрической формы с обтекаемой головкой и хвостовой частью. Относятся к химическим средствам поражения бакового типа. Предназначены для поражения личного состава, заражения вооружения, военной техники и местности грубодисперсным аэрозолем ОВ VX, HD и вязким GB. Перевод ОВ в боевое состояние с помощью ВАП основан на механическом способе диспергирования жидких ОВ под давлением встречного потока воздуха.

На вооружении ВВС и ВМС соответственно находятся ВАП TMU-28/B и Aero-14B/C.

Применение с помощью ВАП Aero-14B/C вязкого GB предполагает заражение территорий военно-морских баз, стоянок боевых кораблей и транспорта с целью поражения личного состава в результате создания опасных концентраций ОВ при его испарении с зараженных поверхностей. Выливной авиационный прибор Aero-14B/C имеет автономный источник давления (сжатый воздух или инертный газ).

Химические фугасы, термические (шашки, гранаты и патроны) и механические генераторы аэрозоля относятся к химическим средствам поражения ближнего боя при непосредственном соприкосновении с боевым порядком войск противостоящей стороны.

Химические фугасы предназначены для создания химического заражения местности, усиления минных полей и других инженерных заграждений с целью затруднения их преодоления.

На вооружении армии США находятся химический фугас ABC M23, созданный на базе противотанковой мины. Снаряжается VX в количестве 5,28 кг. Фугас обеспечен устройством, позволяющим производить его подрыв на поверхности земли и на некоторой высоте с образованием зараженного участка соответственно от 500 м2 до 2000 м2.

Химические шашки, гранаты и патроны относятся к химическим средствам поражения, принцип действия которых основан на использовании термического способа перевода ОВ в боевое состояние и предназначены для поражения незащищенного

личного состава раздражающими и временно-выводящими из строя ОВ в виде тонкодисперсного аэрозоля с размерами частиц 1,5-5 мкм.

Механические генераторы аэрозолей ОВ предназначены для поражения незащищенного личного состава при распылении сухих или жидких рецептур раздражающих ОВ и их распространения в приземном слое атмосферы под воздействием направленного потока воздуха.

Основными элементами конструкции данных средств применения ОВ являются резервуар, источник давления и распыляющее устройство.

Способы применения ХО зависят от выполняемых задач противником при ведении наступательных и оборонительных действий и применяемого типа ОВ. ХО может применяться артиллерией, авиацией, ракетами с ХБЧ.

Применение артиллерией химических боеприпасов с GB осуществляется для решения задачи поражения личного состава и населения с учетом состояния его защищенности на поражаемой цели двумя способами:

проведением кратковременных огневых налетов (залпов), рассчитанных на поражение личного состава до надевания противогазов (15 или 30 с огневые налеты);

проведением более длительных огневых налетов, рассчитанных на поражение личного состава при полной экспозиции воздействия ОВ (не более 5 мин).

При применении химических боеприпасов с VX учитывается не только требуемое время выхода из строя личного состава, но и наличие у него того или иного вида защитной одежды, так как от нее зависит продолжительность огневых налетов и нормы расхода боеприпасов. С учетом этого предусматривается проведение огневых налетов разной продолжительности: от одного до 16 залпов дивизионом 155-мм гаубиц и до 8 залпов батарей 203,2 мм гаубиц.

Задачи, выполнение которых предусматривается с использованием боеприпасов с HD, не отличается от задач и способов их решения, указанных для VX.

Химические удары на поражение целей при применении ракет с ХБЧ кассетного типа в снаряжении GB осуществляется пуском 1-2 ракет по цели размером до 1 км2. Поражение личного состава могут достигаться до надевания противогазов.

При применении двух ракет прицеливание может быть по центру цели или каждой ракетой по заданной точке прицеливания относительно центра площади цели. Максимальный эффект удара достигается изменением высоты вскрытия химической боевой части.

Применение ХО авиацией может осуществляться группами самолетов в составе 2-6 самолетов и более и с помощью вертолетов. При применении химических боеприпасов авиации в снаряжении GB для нанесения удара выбираются цели, размером до 1 км^2, что является характерным в основном при применении ХАБ МС-1, МК-94 и МК-116. Способы боевых действий авиации при их применении существенно не отличаются от способов нанесения авиационных ударов обычными боеприпасами.

Перспективным и опасным рассматривается применение GB с помощью автоматических кассет типа CBU-15/A на предельно малых высотах. При скорости самолета 200 м/с и более обеспечивается 12 метровый интервал отстреливания кассетных элементов при одновременной работе двух и более кассетных установок. Это позволяет создать практически сплошное облако паров GB на площади поражаемой цели.

Применение авиацией VX осуществляется с помощью выливных авиационных приборов TMU-28/B и Aero-14B. Химический удар может быть нанесен одним самолетом и группой в составе двух, четырех и более. Размеры площади поражения зависят от количества самолетов, количества применяемых ВАПов и способа применения.

Применение противником ОВ BZ, CS и CR может осуществляться с помощью практически всех боеприпасов артиллерии и авиации при тех же способах их доставки к поражаемой цели.

Защита от ХО организуется руководителями и командирами всех степеней в любых видах деятельности спасательных воинских формирований и населения независимо от того, применяется оно или нет.

Мероприятия защиты от ХО предусматривают:

рассредоточение спасательных воинских формирований и населения, периодическую смену районов их расположения;

инженерное оборудование данных районов;

использование защитных и маскирующих свойств местности;

применение индивидуальных и коллективных средств защиты;

предупреждение о непосредственной угрозе и начале применения противников оружия массового поражения, а также оповещение о химическом заражении;

санитарно-гигиенические и специальные профилактические мероприятия;

выявление последствий применения противником ХО;

обеспечение безопасности и защиты личного состава при действиях в зонах заражения;

ликвидацию последствий применения противником ХО.

Содержание и порядок осуществления мероприятий защиты спасательных воинских формирований и населения зависит от конкретной обстановки, возможностей противника по применению ХО, наличия времени, сил и средств для организации защиты и других факторов. В зависимости от обстановки, а также от того, в каком звене организуется защита от ХО, указанные мероприятия могут проводиться либо полностью, либо частично.

Рассредоточение спасательных воинских формирований и периодическая смена районов их расположения осуществляется с целью максимально снизить их потери, а также затруднить противнику отыскание и выбор объектов для поражения ХО.

Порядок и степень рассредоточения устанавливаются командиром (начальником) в зависимости от выполняемой задачи, защитных и маскирующих свойств местности, возможностей по ее инженерному оборудованию, с учетом защитных свойств ВВТ.

При рассредоточении спасательных воинских формирований необходимо соблюдать следующие требования: рассредоточение не должно отрицательно сказываться на способности подразделений выполнять возложенные на них задачи, не должно затруднять управление подразделениями, взаимодействие и проведение АСДНР.

Смену районов расположения в интересах защиты от химического оружия целесообразно осуществлять, если позволяет обстановка и при условии, что в новом районе расположения спасательные воинские формирования будут надежно укрыты, а вероятность потерь будет меньше, чем в ранее занимаемом районе.

Инженерное оборудование районов, занимаемых спасательными воинскими формированиями заключается в устройстве фортификационных сооружений.

Для размещения командных и медицинских пунктов, обеспечения отдыха личного состава и приема пищи в условиях действий на зараженной местности возводятся защитные сооружения гражданской обороны обеспечивающие безопасное пребывание в них личного состава без средств индивидуальной защиты (СИЗ). Защитные сооружения гражданской обороны включают объекты коллективной защиты и средства коллективной защиты. К объектам коллективной защиты относятся убежища,

противорадиационные укрытия, быстровозводимые убежища и укрытия, простейшие укрытия, подвижные объекты специальной техники. Средства коллективной защиты включают: фильтровентиляционные или регенеративные установки различного назначения; воздухозаборные и защитные устройства; средства герметизации входов и выходов, состоящие из герметических дверей и герметизирующего материала для перегородок и занавесей.

Рельеф местности и растительный покров оказывают влияние на глубину распространения и степень заражения местности ОВ.

Лесные массивы, обратные скаты высот, овраги, карьеры, подземные выработки обладают защитными свойствами от ХО противника. Вместе с тем, овраги, лощины, карьеры, долины реки, леса, населенные пункты способствуют образованию застоя паров ОВ и изменяют направление распространения облака зараженного воздуха, а высоты способствуют его отрыву из приземного слоя и рассеиванию. Концентрация ОВ в облаке зараженного воздуха на вершине холма (горы) будет меньше, чем у подножия. Стойкость отравляющих веществ в лесу примерно в 10 раз больше, чем на открытой местности, но в глубину леса облако зараженного воздуха проникает на небольшое расстояние. По глубоким лощинам с крутыми скатами и вдоль речных долин облако зараженного воздуха, особенно при инверсии, может затекать в районы, находящиеся далеко в стороне от основного направления распространения. В лощинах, расположенных перпендикулярно к направлению приземного ветра, облако зараженного воздуха может застаиваться на продолжительное время.

Умелое использование СИ и КЗ достигается:

постоянным контролем наличия и исправности средств индивидуальной и коллективной защиты;

заблаговременной подготовкой и тренировкой личного состава формирований и населения в пользовании этими средствами в различной обстановке (фильтрующие противогазы можно применять при концентрации кислорода в воздухе более 18%);

выбором комплекса СИЗ для проведения АСДНР;

правильным определением рубежей и времени заблаговременного перевода СИЗ в боевое положение;

установлением момента их снятия;

определением режима и условий эксплуатации защитных сооружений, оборудованных средствами коллективной защиты.

Существует три режима функционирования средств коллективной защиты для обеспечения убежищ чистым воздухом (вентиляция, фильтровентиляция, полная изоляция). Вентиляция применяется при нахождении на местности загрязненной радиоактивными веществами, фильтровентиляция – на местности зараженной отравляющими веществами, полная изоляция (или регенерация) – если применено неизвестное ОВ, или кислорода в воздухе менее 18 %, или при биологическом заражении.

Предупреждение о непосредственной угрозе применения противником ХО осуществляют штабы и органы управления различных уровней через существующие системы оповещения на основании разведывательных данных.

Для предупреждения устанавливаются определенные сигналы или отдаются отдельные распоряжения. Кроме того, даются указания о подготовке спасательных воинских формирований и населения к непосредственной защите от ХО.

Предупреждение о распространении зараженного воздуха может проводиться на основе прогнозирования или осуществляться после получения данных разведки,

которая в первую очередь уточняет направление распространения фронта ОВ и определяет вероятную глубину их распространения.

Предупреждение о зараженных районах, участках местности должно осуществляться в целях заблаговременного принятия решения о порядке их преодоления (обхода), а также о выборе новых районов размещения подразделений. Если зараженные районы, участки местности и направления их обхода еще не обозначены на местности, то в предупреждении указываются их границы, вид заражения, способы и маршруты преодоления (обхода), вероятные рубежи надевания и снятия СИЗ.

Оповещение о химическом заражении осуществляется немедленно при обнаружении факта заражения дежурно-диспетчерской службой, постами радиационного и химического наблюдения, химическими разведывательными дозорами, которые переводят свои средства индивидуальной защиты в боевое положение и докладывают старшему начальнику (командиру) об обнаружении и типе ОВ.

Для обезвреживания ОВ в организме имеются антидоты. Они играют основную роль в лечебно-профилактической помощи пораженным ОВ.

Антидоты применяются личным составом самостоятельно при проявлении первых признаков поражения ОВ или по распоряжению командира подразделения. Антидоты могут быть в ампулах, шприц-тюбиках, таблетках и т. п.

Например, антидот от ОВ нервно-паралитического действия в виде раствора помещен в шприц-тюбик однократного применения, вводится внутримышечно пораженному отравляющим веществом.

Выявление последствий применения противником ХО осуществляют в целях: определения потерь населения, личного состава, техники, материальных средств, внесения уточнений в порядок, характер и объем АСДНР, ликвидации последствий применения противником ХО, обеспечения безопасности личного состава.

Основными способами выявления последствий является химическая разведка и прогнозирование. Химическая разведка осуществляется химическими разведывательными дозорами и постами радиационного и химического наблюдения. Прогнозирование осуществляют штабы и органы управления исполнительной власти различного уровня.

Обеспечение безопасности и защиты личного состава при действиях в зонах химического заражения достигается соблюдением режимов химической защиты. Под режимами химической защиты понимается порядок действий персонала ОЭ, населения, спасателей, применение средств и способов защиты в зоне химического заражения для уменьшения возможности поражения людей. Режимами химической защиты регламентируется продолжительность и условия работы, передвижения и отдыха в течение суток.

соблюдение режимов химической защиты обеспечивается**:**

использованием защитных сооружений;

применением средств индивидуальной защиты;

установлением режимов функционирования средств коллективной защиты для обеспечения убежищ чистым воздухом (вентиляция, фильтровентиляция, полная изоляция);

организацией посменной работы формирований в очагах химического поражения (через каждые 6-8 часов спасатели выводятся на незараженную местность для отдыха).

Ликвидация последствий применения противником ХО достигается проведением специальной обработки (СО) техники, зданий и сооружений, обеззараживанием обмундирования, вещевого имущества, снаряжения, СИЗ, участков местности и дорог, санитарной обработкой населения и спасательных воинских формирований.

Специальная обработка может быть частичной и полной. Частичная СО проводится по решению непосредственного начальника, без прекращения работы, проведения АСДНР, персоналом объектов экономики, личным составом служб и команд, формирований, штатными и подручными средствами. Проводится: немедленно – при заражении АХОВ и БС; в течение часа – при загрязнении РВ.

Полная СО проводится по решению вышестоящего начальника (председателя КЧС), после выполнения работ, в специально оборудованных для этого местах, специально подготовленными формированиями.

Обеззараживание участков местности, дорог и сооружений, обмундирования и снаряжения проводится подразделениями РХБ защиты спасательных воинских формирований и соответствующими НАСФ. Для дегазации техники развертываются станции обеззараживания техники на базе автобусно-троллейбусных парков, автоколонн, автомоек.

Для обеззараживания вещевого имущества, снаряжения, СИЗ развертываются станции обеззараживания одежды на базе банно-прачечных комбинатов и химчисток.

Для санитарной обработки населения развертываются санитарно-обмывочные пункты на базе банно-прачечных комбинатов и бань.

1.3 Биологическое оружие[8]

Современное биологическое оружие составляют специальные боеприпасы (авиационные бомбы, боеголовки ракет, мины, снаряды) и боевые приборы, снаряженные биологическими средствами (бактерии, риккетсии, вирусы, биологические токсины), предназначенные для поражения людей, животных, растений с целью выведения из строя личного состава и/или нанесения и нанесения экономического ущерба стране.

На 26-й сессии Генеральной ассамблеи ООН (16.12.1971) принята «Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) оружия и об их уничтожении».

Несмотря на этот международный документ, изучение и разработка средств биологического оружия продолжаются и проводятся рядом государств, в частности США, Великобританией, Канадой, ФРГ, Израилем, Японией, Китаем, отдельными странами Латинской Америки. В специальной зарубежной литературе обсуждаются возможности боевого использования более 30 видов биологических агентов, относящихся к различным классам микроорганизмов. Специально отобранные биологические агенты составляют основу БО и относятся к боевым биологическим средствам.

Список «классических» биологических агентов включает:

возбудителей вирусной природы: натуральная оспа, геморрагическая лихорадка Марбурга, Эбола, Ласса, боливийская геморрагическая лихорадка, венесуэльский энцефаломиелит лошадей, восточный энцефаломиелит лошадей, желтая лихорадка, японский энцефалит, лихорадка Денге, лихорадка долины Рифт, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, конго-крымская геморрагическая лихорадка;

возбудителей риккетсиозной природы: эпидемический сыпной тиф, пятнистая лихорадка Скалистых гор, Ку-лихорадка;

возбудителей бактериальной природы: чума, сибирская язва, туляремия, сап, мелиоидоз, бруцеллез, легионеллез;

[8] Ткаченко Т.Е. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

токсины растительного и животного происхождения: ботулинические токсины, столбнячный, сибиреязвенный, шигеллезный, стафилококковые и энтеротоксины, рицин, нейротоксины и др.

Оценивая перспективы применения БО, зарубежные военные специалисты находят в нем ряд преимуществ перед другими видами оружия массового поражения.

Особенностями поражающего действия БО являются:

1. высокая потенциальная эффективность – способность БО поражать людей или животных ничтожно малыми дозами;

2. контагиозность, т.е. способность инфекционных болезней передаваться от больного человека (животного) к здоровому и способность - к эпидемическому (эпизоотическому) распространению ряда инфекционных болезней;

3. наличие скрытого (инкубационного) периода;

4. продолжительность его действия, обусловленная способностью:

спорообразующих микроорганизмов длительное время сохраняться в окружающей среде;

некоторых патогенных микроорганизмов длительно сохраняться в организме переносчиков;

5. трудность обнаружения;

6. сложность диагностики возникающих поражений, обусловленная:

возможностью использования неизвестных возбудителей или их комбинированием (большое разнообразие биологических агентов и одновременное применение возбудителей нескольких инфекций;

выведение штаммов возбудителей инфекционных болезней, устойчивых к современным средствам профилактики и лечения;

необычными путями заражения и большими инфицирующими дозами БС;

использованием неспецифических переносчиков и видов переносчиков, устойчивых к средствам дезинфекции;

7. избирательность (целенаправленность) действия БС, связанная с наличием большого количества возбудителей инфекционных заболеваний, опасных для человека, животных и растений;

8. сильное психологическое воздействие (наличие реальной угрозы применения противником БО может вызывать у людей страх и появление паники;

9. относительная дешевизна и технологическая простота производства БО;

10. наличие условий, благоприятных для появления инфекционных заболеваний в сочетании с ранениями, ожогами, поражением проникающей радиацией и отравляющими веществами;

11. необходимость проведения режимных мероприятий в войсках и на этапах медицинской эвакуации;

12. применение в широких масштабах БО может привести к возникновению серьезных экологических последствий.

Характеристика вероятных БС нападения приведена в таблице 1.13.

Биологическая рецептура представляет собой смесь специальных препаратов, обеспечивающих БС наиболее оптимальные условия для сохранения своих поражающих свойств. По данным зарубежной литературы, уже прошли лабораторные испытания рецептуры, содержащие одновременно возбудителей чумы, туляремии, сибирской язвы, а также рецептуры, имеющие в своем составе наряду с БС химические и радиоактивные агенты.

Таблица 1.13

Характеристика вероятных биологических средств нападения

Критерии оценки	Группа биологических средств	Виды биологических средств
Инкубационный период	Быстродействующие (максимум поражения в первые сутки)	Токсин ботулизма
	Замедленного действия (появление поражения (от 2 до 5 суток))	Чума, сибирская язва, туляремия, венесуэльский энцефаломиелит, желтая лихорадка, мелиоидоз
	Отсроченного действия (поражения от 2 до 5 суток)	Бруцеллез, сыпной тиф, натуральная оспа, Ку-лихорадка
Тяжесть поражения	Смертельного действия	Чума, сибирская язва, желтая лихорадка, натуральная оспа, ботулизм
	Временно выводящие из строя	Венесуэльский энцефаломиелит, туляремия, бруцеллез, Ку-лихорадка, мелиоидоз
Заразительность	Контагиозные	Чума, натуральная оспа, при наличии вшивости – сыпной тиф, при наличии комаров-переносчиков желтая лихорадка, венесуэльский энцефаломиелит
	Неконтагиозные	Сибирская язва, туляремия, Ку-лихорадка, бруцеллез, ботулизм, мелиоидоз
Устойчивость возбудителя во внешней среде	Малоустойчивые (1-3 ч.)	Чума, венесуэльский энцефаломиелит, желтая лихорадка, ботулизм
	Относительно устойчивые (до 24 ч.)	Мелиоидоз, бруцеллез, туляремия, сыпной тиф, натуральная оспа
	Высокоустойчивые (свыше 24ч.)	Сибирская язва, Ку-лихорадка

Эффективность БО зависит от поражающих свойств БС и правильного выбора способа их применения. Способы боевого применения БС базируются на способности патогенных микроорганизмов и токсинов в естественных условиях проникать в организм человека следующими путями:

с воздухом – через органы дыхания;

с пищей и водой – через желудочно-кишечный тракт;

через слизистые оболочки рта, носа, глаз, кожные покровы;

в результате укусов зараженных кровососущих членистоногих (клещей) и насекомых (комаров, блох и др.);

через неповрежденную кожу.

В связи с этим массовые поражения личного состава войск, населения, сельскохозяйственных животных и растений возможны аэрозольным, трансмиссивным и диверсионным способами применения БС.

Аэрозольный способ применения биологических средств заключается в создании биологического аэрозоля для заражения приземного слоя атмосферы, местности, личного состава и военной техники с помощью специальных биологических бомб и генераторов аэрозолей. К преимуществам этого способа зарубежные военные специалисты относят: возможность использования в боевых целях почти все виды имею-

щихся БС, даже и те, которые в естественных условиях через воздух не передаются; способность вызывать в короткие сроки массовые поражения; сложность диагностики и лечения комбинированных форм поражения.

С целью повышения устойчивости системы биологического аэрозоля к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды и более длительного сохранения поражающей способности, зарубежные военные специалисты предлагают при его создании использовать метод микроинкапсуляции, который позволяет с помощью инертного синтетического полимера обволакивать и защищать каждую аэрозольную частичку при ее образовании.

Трансмиссивный способ применения биологических средств заключается в преднамеренном рассеивании в районе цели искусственно зараженных кровососущих членистоногих (клещей) и насекомых (комаров). В основе этого способа лежит то, что многие живущие в природных условиях кровососущие членистоногие легко воспринимают и длительно сохраняют отдельных возбудителей опасных инфекционных заболеваний.

Диверсионный способ применения биологических средств заключается в преднамеренном скрытном заражении БС замкнутых пространств воздуха, воды, продовольствия с помощью диверсионного снаряжения (портативных генераторов аэрозолей, распыляющих пеналов и др.). Зарубежные военные специалисты считают возможным в определенный момент осуществить заражение воздуха в местах массового скопления людей, заражения воды в системе городского водопровода, что может привести к возникновению среди личного состава войск и населения внезапных и труднообъяснимых вспышек, вызвать общую панику и подорвать моральный дух. Для доставки БС при применении БО диверсионным способом могут быть использованы специально обученные люди из состава диверсионных групп.

По мнению военных зарубежных специалистов, биологическими рецептурами могут снаряжаться *средства боевого применения*:

авиационные бомбы, кассеты, боеприпасы реактивной артиллерии, боевые части ракет различной дальности действия, а также аэростаты;

выливные и распыливающие приборы, устанавливаемые на самолетах, вертолетах; наземные механические генераторы аэрозолей, устанавливаемые на автомобилях, морских (речных) надводных судах, а также портативные приборы для диверсионного применения БС;

энтомологические боеприпасы для доставки и рассеивания в заданном районе искусственно зараженных кровососущих переносчиков: авиационные бомбы и контейнеры специальной конструкции, обеспечивающие защиту от действия неблагоприятных факторов в период полета и приземления.

При применении БС различными способами и средствами могут возникать районы (очаги) биологического заражения и поражения.

Район (очаг) биологического заражения – это территория, в пределах которой распространены (или куда привнесены) БС для поражения личного состава, населения, сельскохозяйственных животных и растений, а также для нанесения ущерба окружающей природной среде.

В зависимости от способа применения БС под районом (очагом) биологического заражения понимается:

при создании аэрозоля – приземный слой атмосферы, содержащий биологический аэрозоль в поражающих концентрациях, и территория, над которой прошло облако биологического аэрозоля, с расположенными на ней войсками, населением, боевой техникой и различными другими объектами, а также элементами природной среды;

при использовании зараженных переносчиков – район их распространения;

при диверсионном применении – объект диверсии.

В пределах района биологического заражения может возникнуть ***очаг биологического поражения*** – территория, в пределах которой в результате воздействия БО противника возникли массовые поражения личного состава, населения, животных и растений.

1.4. Очаги поражения[9]

Под очагом поражения понимается территория, в пределах которой в результате воздействия поражающих факторов произошли разрушения зданий и сооружений, пожары, заражения атмосферы и местности, затопления, гибель и поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений.

Очаги поражения являются следствием воздействия поражающих факторов, вызванных результатом воздействия обычных средств поражения и оружия массового поражения. Очаг поражения может образоваться под воздействием одного поражающего фактора (простой) или в результате взаимного воздействия нескольких первичных или вторичных поражающих факторов (сложный), Очаг поражения характеризуется формой (круглая, плоская, неправильная), размерами (радиусом, глубиной, шириной, площадью), причинённым ущербом (процентом поражённых людей, сельскохозяйственных животных и растений, разрушенных зданий и сооружений, денежной суммой потерь материальных ценностей).

Знание характеристик очагов поражения необходимо для прогнозирования и оценки возможных последствий военных действий в целях принятия мер по защите людей, снижению масштабов разрушений, организации и проведения спасательных и неотложных работ при ликвидации последствий в зоне поражения.

В результате повреждения или разрушения объектов, вызванных воздействием средств нападения противника, могут произойти взрывы, пожары, затопления местности и распространение на ней АХОВ. При этом образуются вторичные очаги поражения.

В зависимости от примененных средств поражения могут образоваться очаги ядерного, химического, биологического поражения, а также очаги поражения вследствие применения обычных средств поражения.

При одновременном или последовательном воздействии ядерного, химического, биологического оружия, обычных средств поражения в различных сочетаниях, образуются очаги комбинированного поражения.

Из-за повреждения или разрушения гидротехнических сооружений ядерным или обычным оружием, также в результате подводного или надводного взрыва в акватории вблизи побережья могут образовываться зоны затопления.

1.4.1. Характеристика очагов ядерного поражения[10]

Очагом ядерного поражения называется территория, в пределах которой в результате воздействия ядерного оружия произошли массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных, растений и (или) разрушения и повреждения зданий и сооружений.

Очаг ядерного поражения характеризуется: количеством пораженных; размерами площадей поражения; зонами радиоактивного загрязнения с различными мощ-

[9] Рейхов Ю.Н. Каф. 71 «Устойчивости экономики и систем жизнеобеспечения»

[10] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

ностями доз излучения; зонами пожаров, затопления, разрушения и повреждения зданий и сооружений; частичным разрушением, повреждением или завалом защитных сооружений.

Однако соотношение отдельных видов поражений и разрушений непостоянно; в зависимости от конкретных условий, мощности и вида взрыва оно может меняться в широких пределах. Так, с увеличением мощности взрыва увеличивается площадь разрушений зданий и при прочих равных условиях поражается большее количество людей. В зависимости от метеорологических условий изменяется степень поражения световым излучением. При ядерных взрывах малой мощности воздействие проникающей радиации на людей значительнее, чем воздействие ударной волны и светового излучения.

В качестве критерия для определения границ зон очага ядерного поражения принято избыточное давление во фронте ударной волны. Внешней границей очага ядерного поражения является условная линия на местности, где избыточное давление воздушной ударной волны — 10 кПа. Такое избыточное давление считается безопасным для незащищенных людей.

Для определения возможного характера разрушений и установления объема аварийно-спасательных и других неотложных работ, обусловленных воздействием воздушной ударной волны, очаг ядерного поражения условно делится на четыре зоны: полные, сильные, средние и слабые разрушения, а в зависимости от степени радиоактивного загрязнения и возможных последствий внешнего облучения в районе ядерного взрыва или на следе радиоактивного облака — на зоны умеренного, зона А; сильного, зона Б; опасного, зона В, и чрезвычайно опасного загрязнения, зона Г.

Зона полных разрушений возникает там, где избыточное давление во фронте ударной волны достигает 50 кПа и более. На ее долю приходится около 12 % всей площади очага поражения. В этой зоне полностью разрушаются жилые дома, промышленные здания и противорадиационные укрытия. Вокруг центра (эпицентра) взрыва разрушаются убежища, получают различные разрушения или повреждения подземные сети коммунально-энергетического хозяйства. Большинство убежищ (75%) в зоне полных разрушений сохраняется. В результате разрушений зданий и сооружений на территории населенных пунктов и объектов образуются сплошные завалы. Высота завалов, в зависимости от плотности застройки и этажности зданий, может достигать 3-4 м. Потери населения, находящегося в жилых домах и производственных зданиях, может составить 90%. Пожары в зоне полных разрушений не возникают, так как воспламенившиеся от светового излучения постройки и предметы будут разбросаны и засыпаны обломками от каменных и металлических конструкций, а пламя сбито ударной волной. От тления возгораемых материалов в завалах будет наблюдаться сильное задымление.

При наземном ядерном взрыве часть территории зоны с наветренной стороны будет загрязнена радиоактивными веществами. Мощность дозы излучения в центре взрыва может достигать нескольких миллионов рад/ч. С удалением от центра взрыва мощности доз облучения быстро падают и на расстоянии 1…2 км с наветренной стороны достигают незначительных величин и практически не учитываются.

С подветренной стороны радиоактивному загрязнению подвергается вся территория зоны в пределах ширины следа радиоактивного облака (зоны А, Б, В, Г). По направлению среднего ветра на оси следа радиоактивного облака мощности доз излучения максимальными и могут составлять через 1ч после взрыва несколько сот тысяч рад/ч. Время их спада может составить от нескольких недель до нескольких месяцев. Избежать радиационного поражения на оси следа радиоактивного облака могут толь-

ко люди, находящиеся в убежищах, сохранившихся после взрыва ядерного боеприпаса. В опасной степени будут загрязнены радиоактивными веществами продукты питания, водоемы, фураж.

Радиусы поражения проникающей радиацией незащищенных людей при наземном взрыве мощностью до 100 кт несколько превосходят радиусы зон полных разрушений, а при взрыве мощностью более 100 кт будут меньше радиусов зон полных разрушений. Люди, находящиеся в сохранившихся убежищах, поражению проникающей радиацией не подвергаются.

Зона сильных разрушений образуется при избыточном давлении во фронте ударной волны 30…50 кПа и составляет около 10 % всей площади очага. Наземные здания и сооружения в основном будут иметь сильные разрушения; убежища и подземные сети коммунально-энергетического хозяйства, а также большинство противорадиационных укрытий сохраняется. Подвалы в зданиях не повреждаются, если перекрытия их удержат статическую нагрузку от обрушенных стен и междуэтажных перекрытий. В результате разрушений зданий и сооружений образуются местные завалы, переходящие ближе к границе зоны полных разрушений в сплошные. Возможно возникновение сплошных пожаров и даже огненных штормов.

Для зоны характерны массовые в значительной части безвозвратные потери среди незащищенной части населения. Люди, оставшиеся в разрушенных зданиях, могут быть завалены, либо получить травмы и ожоги, вне зданий — легкие и средней тяжести травмы и ожоги. Например, население от воздействия воздушной ударной волны может получить поражения средней степени тяжести, а от светового излучения — ожоги 2-й и 3-й степени. Кроме того, возможны поражения обломками построек, осколками стекла и другими летящими предметами, а также «вторичные ожоги» от пламени горящих зданий, горючесмазочных материалов и т. п. Общие потери незащищенного населения могут составить около 50%. При попадании в зону радиоактивного загрязнения, образующуюся при наземных взрывах, население подвергнется воздействию радиоактивных веществ.

Зона средних разрушений характеризуется давлением во фронте воздушной ударной волны 20…30 кПа. Площадь зоны средних разрушений составляет примерно 18% общей площади очага поражения.

Наземные здания и сооружения в пределах этой зоны получают сильные и средние разрушения, в результате чего на улицах образуются местные завалы. Убежища и подвалы сохраняются, однако входы в них могут оказаться заваленными.

Около 30% лесных массивов разрушается, в результате чего образуются местные завалы.

От воздействия светового излучения и вторичных факторов поражения в этой зоне возможны массовые пожары. Пожарами могут быть охвачены большинство зданий, наземных сооружений, лесные массивы, посевы сельскохозяйственных культур.

Технические и транспортные средства в результате непосредственного или косвенного воздействия ударной волны и светового излучения получают средние и сильные повреждения. Колесная техника может получить средние и слабые разрушения и повреждения, а гусеничная техника - слабые разрушения и повреждения.

Общие потери незащищенного населения в зоне могут составить около 40%.

От воздействия воздушной ударной волны люди и сельскохозяйственные животные могут получить легкие травмы, а от светового излучения — ожоги 3-й степени.

Проникающая радиация в этой зоне отсутствует. Часть зоны с наветренной стороны подвергнется радиоактивному загрязнению от чрезвычайно опасного до умеренного.

Зона слабых разрушений характеризуется избыточным давлением воздушной ударной волны 10…20 кПа. Площадь зоны слабых разрушений составляет примерно 60% общей площади очага поражения. Наземные здания и сооружения в пределах этой зоны получают слабые разрушения, на улицах и проездах образуются местные завалы.

Защитные сооружения полностью сохраняются, однако отдельные входы могут быть завалены. Подземные коммунально-энергетические сети сохраняются, наземные получат слабые повреждения.

От светового излучения в этой зоне возникают отдельные пожары. Технические и транспортные средства могут получать слабые повреждения, в основном от косвенного воздействия ударной волны и светового излучения.

Незащищенные люди и сельскохозяйственные животные от воздушной ударной волны могут получить легкие травмы, а от светового излучения — ожоги 1-й степени. Санитарные потери среди людей могут составить около 15%.

Воздействие проникающей радиации в этой зоне исключено. Размеры зон радиоактивного загрязнения местности на следе радиоактивного облака несравненно больше, чем в районе взрыва: длина следа может достигать нескольких сот, а ширина - десятков километров.

Поражающее действие радиоактивного загрязнения местности определяется главным образом общим внешним облучением. Попадание радиоактивных веществ на кожу и внутрь организма увеличивает поражающий эффект внешнего облучения.

1.4.2. Характеристика очагов химического поражения[11]

Очаг химического поражения — это территория, в пределах которой в результате воздействия аварийно химически опасного вещества или химического оружия произошло массовое поражение людей, животных, заражение местности, техники и др. объектов. Очаг характеризуется размерами района применения химического оружия (РПХО), типом отравляющих веществ или АХОВ, размерами зон распространения первичного и вторичного облаков зараженного воздуха, количеством пораженных, характером и степенью поражения людей, объемом работ, необходимых для ликвидации последствий воздействия АХОВ (ОВ).

Район применения химического оружия может представлять собой сплошную полосу зараженной местности при применении ОВ с помощью выливных авиационных приборов или разгерметизации емкости с АХОВ, а также небольшие, часто изолированные друг от друга, участки заражения при взрыве химических боеприпасов.

Время существования зараженного участка в районе применения химического оружия и длительность поражающего действия его определяется стойкостью АХОВ (ОВ), т. е. временем, в течение которого АХОВ (ОВ) сохраняет поражающее действие на незащищенных людей. Стойкость АХОВ (ОВ) зависит от их физико-химических свойств, метеоусловий, характера подстилающей поверхности, средств и способов применения ОВ или разгерметизации емкостей и других условий. С повышением температуры почвы и увеличением скорости ветра стойкость АХОВ (ОВ) уменьшается. При взрыве малогабаритных боеприпасов она меньше, чем при взрыве крупнога-

[11] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

баритных, твердый грунт облегчает испарение ОВ, рыхлый — повышает их стойкость. В лесу и городах стойкость АХОВ (ОВ) выше, чем на открытой местности. Стойкость ОВ типа VX, например, может достигать зимой 3-х месяцев.

Территория района применения химического оружия, а также техника и имущество, находящиеся в его пределах, заражаются ОВ в опасной степени (особенно при применении ОВ типа VX и иприта), а поэтому подлежат дегазации.

Зона распространения зараженного воздуха образуется за счет первичного облака, т. е. облака паров аэрозолей АХОВ (ОВ), образующегося в момент применения химического оружия или разгерметизации емкостей, и вторичного облака, т. е. облака паров АХОВ (ОВ), образующегося при их испарении с поверхности сооружений, техники и местности в пределах РПХО. Эта зона отличается большими размерами, во много раз превышающими размеры района применения химического оружия. Глубина распространения первичного облака в большинстве случаев больше, чем вторичного. При этом под глубиной распространения облака зараженного воздуха понимается расстояние от подветренной границы района применения химического оружия до границы, на которой люди могут получить пороговые поражения.

Глубина распространения облака зараженного воздуха зависит от многих факторов, главными из которых являются: количество средств, используемых для применения ОВ или количество АХОВ в емкости, их физико-химические и токсические свойства, метеоусловия, рельеф местности и характер застройки. В лесных массивах и городах глубина распространения зараженного воздуха в 3—5 раз меньше, чем на открытой местности. Наибольшая глубина распространения зараженного воздуха наблюдается при инверсии (нисходящих потоках воздуха), меньше — при изотермии (отсутствии вертикального перемещения воздуха), еще меньше — при конвекции (восходящих потоках воздуха).

Время поражающего действия первичного облака составляет 20—30 мин, а вторичного — определяется временем полного испарения ОВ и практически равно стойкости ОВ на зараженном участке местности в районе его применения.

Потери населения и личного состава спасательных воинских формирований в очаге химического поражения зависят от типа АХОВ (ОВ), степени внезапности химического нападения, способа применения или пролива АХОВ, количества примененных боеприпасов, наличия и состояния средств защиты и своевременности их применения. Наибольшие потери будут в районе применения химического оружия и меньше — в зоне распространения облака зараженного воздуха и могут составить 40% для населения, обеспеченного противогазами, и 100% при отсутствии противогазов. Поражения людей могут быть ингаляционные, кожно-резорбтивные и пероральные.

При применении ОВ типа VX техника и имущество, а также люди и животные поражаются в опасной степени, как правило, в пределах всей зоны химического заражения, а при использовании ОВ типа зарин и иприт — только в районах его применения.

Для защиты людей в районе применения химического оружия служат убежища гражданской обороны, необорудованные защитные сооружения в комплексе со средствами индивидуальной защиты: противогазы, средства защиты кожи, индивидуальные противохимические пакеты и антидоты. В зависимости от обстановки может широко применяться такой способ защиты, как своевременный вывод людей в незараженный район.

В очаге химического поражения разрушающего воздействия на здания, сооружения и оборудование объектов экономики химическое заражение не оказывает. Однако рабочие и служащие цехов, не прекращающих работу в условиях химического

заражения, должны работать в средствах индивидуальной защиты. Там, где возможно, производственный процесс приостанавливается, рабочие и служащие укрываются в защитных сооружениях ГО. Возобновление производственного процесса осуществляется после дегазации оборудования, помещений и прилегающей территории.

Производственный процесс может не прекращаться в случае проведения его в герметизированных зданиях и сооружениях. Герметизация производственных помещений и технологических процессов имеет особо важное значение на объектах пищевой, фармацевтической промышленности, водоснабжения и в сельском хозяйстве.

1.4.3. Характеристика очагов биологического поражения[12]

Очагом биологического поражения называется ограниченная территория, в пределах которой, в результате применения противником биологического оружия, возникли инфекционные заболевания людей, сельскохозяйственных животных и поражения растений.

ОБП характеризуется видом примененных биологических средств, способом применения биологического оружия, размерами зон заражения, количеством зараженных и заболевших людей, животных, растений, способностью инфекционных болезней передаваться от больных к здоровым (контагиозностью), длительностью скрытого (инкубационного) периода развития заболевания, продолжительностью сохранения поражающих свойств возбудителей болезней.

Потери населения и личного состава сил ГО в очаге биологического поражения определяются количеством заболевших людей из числа зараженных лиц. Заражение может произойти как в результате прямого заражения людей биологическими средствами аэрогенным путем, так и в результате заражения возбудителями через воду, продукты питания, насекомых и животных, а также за счет эпидемического распространения заболевания. Наибольшую опасность вызывают ОБП, возникающие на территории густонаселенных городов, населенных пунктов, вокзалов, аэропортов, крупных предприятий, организаций и других мест проживания и трудовой деятельности людей, связанных между собой транспортными коммуникациями.

Установлено, что в первый период после применения противником БО главную эпидемиологическую опасность будут представлять зараженные объекты внешней среды и в первую очередь воздух и только в последующем – заболевшие люди и животные.

Важно отметить, что в очаге биологического поражения поражающий эффект наступает не сразу, а спустя определенное время, равное инкубационному периоду примененного возбудителя, и только по истечении этого периода появляются массовые заболевания людей. Вначале возникает так называемая первая волна инфекционного заболевания, вызванная непосредственно воздействием возбудителя на организм зараженного человека. При возникновении контагиозных инфекционных заболеваний, вслед за первой волной может быть вторая, третья и последующие волны заболевших, обусловленные путем передачи заболевания от больных к здоровым. Принято считать, что один больной в среднем может заразить до 7 здоровых человек.

В целях планирования и организации проведения мероприятий по локализации и ликвидации ОБП необходимо установить границы очага, численность зараженного населения и ориентировочно определить число и структуру возможных потерь от воздействия биологического оружия.

[12] Лобанов А.И. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

Расчет возможных санитарных потерь от биологического оружия и определение их структуры являются сложной проблемой, так как противником могут применяться различными способами разнообразные виды биологических агентов.

Опыт свидетельствует, что численность и структура потерь от биологического оружия в значительной мере зависят от способа его применения, достижения фактора внезапности биологических ударов, типа БС, степени защищенности населения и личного состава, своевременности проведения противоэпидемических мероприятий.

Например, внезапное и скрытное рассеивание биологических средств на густонаселенной территории может привести к образованию очагов заражения и одномоментному поражению больших масс населения аэрогенным путем.

В настоящее время разработаны и приняты две основные методики расчета возможных санитарных потерь населения в очаге биологического поражения. Первая методика, предложенная А.А. Мясненко, позволяет осуществлять расчет возможных потерь населения в очаге биологического поражения, возникшем в результате аэрогенного заражения высококонтагиозными инфекциями, используя минимум исходных данных.

При этом подходе расчет производится на основе математического моделирования последствий заражения людей возбудителями чумы и натуральной оспы. В качестве исходных данных для расчетов этот вариант прогнозирования требует наличия сведений об обеспеченности населения средствами экстренной профилактики (антибиотиками) и средствами индивидуальной защиты. Расчет ориентировочных санитарных потерь среди населения при поражении БС аэрогенным путем осуществляется с помощью табл. 1.14.

Таблица 1.14.

Расчет возможных санитарных потерь при передаче инфекции аэрогенным путем (по А.М. Мясненко) *

Процент использования населением СИЗ	Процент населения, принимавшего средства экстренной профилактики										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	65,0/58,5	65,0/53,9	65,0/49,4	65,0/44,8	65,0/40,3	65,0/36,7	65,0/31,2	65,0/26,6	65,0/22,1	65,0/17,5	65,0/13,0
10	60,0/54,0	60,0/49,8	60,0/45,6	60,0/41,4	60,0/37,2	60,0/33,0	60,0/28,8	60,0/24,6	60,0/20,4	60,0/16,2	60,0/12,0
20	55,0/49,5	55,0/45,6	55,0/41,8	55,0/37,6	55,0/34,1	55,0/30,2	55,0/26,4	55,0/22,5	55,0/18,7	55,0/14,8	55,0/11,0
30	50,0/45,0	50,0/41,5	50,0/38,0	50,0/34,5	50,0/31,0	50,0/27,9	50,0/24,0	50,0/20,5	50,0/17,0	50,0/13,5	50,0/10,0
40	45,0/40,5	45,0/37,3	45,0/34,2	45,0/31,0	45,0/27,9	45,0/24,7	45,0/21,6	45,0/18,4	45,0/15,3	45,0/12,1	45,0/9,0
50	40,0/36,0	40,0/33,2	40,0/30,2	40,0/27,6	40,0/24,8	40,0/22,0	40,0/19,2	40,0/16,4	40,0/13,6	40,0/10,8	40,0/8,0
60	35,0/31,5	35,0/29,0	35,0/26,6	35,0/24,1	35,0/21,7	35,0/19,2	35,0/16,8	35,0/14,3	35,0/11,9	35,0/9,4	35,0/7,0
70	30,0/27,0	30,0/24,9	30,0/22,8	30,0/20,7	30,0/18,6	30,0/16,5	30,0/14,4	30,0/12,3	30,0/10,2	30,0/8,1	30,0/6,0
80	25,0/22,5	25,0/20,7	25,0/19,0	25,0/17,2	25,0/15,5	25,0/13,7	25,0/12,0	25,0/10,2	25,0/8,5	25,0/6,7	25,0/5,0
90	20,0/18,0	20,0/16,6	20,0/15,2	20,0/13,8	20,0/12,4	20,0/11,0	20,0/9,6	20,0/8,2	20,0/6,8	20,0/5,4	20,0/4,0

*Примечание: числитель – процент зараженных, знаменатель – процент заболевших от общего количества населения.

Вторая методика расчета возможных потерь в очагах эпидемических заболеваний носит более универсальный характер. В соответствии с Руководством по санитарно-противоэпидемическому обеспечению населения в ЧС (2006 г.) оперативные расчеты санитарных потерь (Сп) населения от инфекционных заболеваний в районах стихийных бедствий и катастроф осуществляются по формуле:

$$Сп = К \cdot И \cdot (1 - Н) \cdot (1 - Р) \cdot Е \ .$$

Санитарные потери среди населения в очагах инфекционных заболеваний определяются количеством заболевших людей из числа гражданского населения и личного состава спасательных формирований.

где Сп – санитарные потери населения (чел.);

К – численность зараженного и контактировавшего населения;

И – контагиозный индекс;

Н – коэффициент неспецифической защиты;

Р – коэффициент специфической защиты (иммунности);

Е – коэффициент экстренной профилактики.

Данная методика прогнозирования позволяет осуществлять расчет потерь среди населения как при естественном возникновении очагов инфекционных заболеваний, так и в случае аварии на биотехнологическом объекте или при применении противником (террористами) биологических агентов в качестве средств вооруженной борьбы.

В указанной формуле величина «К» определяется с учетом численности населения в зоне биологического заражения, количества людей, контактировавших с зараженными лицами, а также принимая к сведению контагиозность (заразительность) биологического средства, примененного противником. Считается, что при контагиозных формах заражается 50% населения, при малоконтагиозных формах – 10–20%.

Контагиозный индекс «И» показывает степень вероятности заболевания человека после инфицирования (контакта с больным), в зависимости от вида возбудителя.

Например, индекс «И» для бубонной чумы, дифтерии, ботулизма, менингококковой инфекции, бруцеллеза – 0,2, для сыпного тифа и сибирской язвы – 0,4, для туляремии, Ку-лихорадки, сыпного тифа и клещевого энцефалита – 0,5, для сапа, мелиоидоза, пситтакоза, холеры – 0,6, для геморрагических лихорадок – 0,7, для кори – 0,75, для легочной чумы – 0,8. Контагиозный индекс при других контактных инфекциях примерно составит 0,5 – 0,6.

Коэффициент неспецифической защиты «Н» зависит от своевременности проведения санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий, защищенности питьевой воды и продуктов питания, разобщения населения на мелкие группы при воздушно-капельной инфекции. При отличной санитарно-противоэпидемической подготовке населения коэффициент «Н» может составить – 0,9; при хорошей – 0,8; при удовлетворительной 0,5; при неудовлетворительной – 0,2. В зоне аварии на биологически опасном объекте и в очаге биологического поражения коэффициент «Н» будет равен 0,1.

Коэффициент специфической защиты (коэффициент иммунности) «Р» учитывает эффективность проведенной иммунизации населения против данной инфекции. При дифтерии и кори он составляет 0,65; при Ку-лихорадке, туляремии, сыпном тифе, вирусном гепатите «А», менингококковой инфекции, скарлатине – 0,55; при легочной чуме, холере, сибирской язве, брюшном тифе – 0,5; при бруцеллезе, геморрагических лихорадках – 0,75; при сапе, мелиоидозе, пситтакозе, клещевом энцефалите, бубон-

ной чуме – 0,8. Если тип эпидемической вспышки не установлен, и иммунизация не проводилась, то коэффициент «Р» устанавливается приближенно равным 0,5.

Коэффициент экстренной защиты «Е» отражает степень защиты от данного возбудителя антибиотиками. Значение этого коэффициента:

при холере – 0,2;

при бубонной чуме, геморрагических лихорадках – 0,3;

при брюшном тифе, вирусном гепатите «А» – 0,4;

при легочной чуме, туляремии, Ку-лихорадке, менингококковой инфекции, дифтерии, сибирской язве – 0,5;

при сыпном тифе, клещевом энцефалите – 0,6;

при бруцеллезе, мелиоидозе, скарлатине – 0,75;

при пситтакозе, сапе – 0,9.

Если экстренная неспецифическая профилактика не проводилась, коэффициент «Е» равен 1,0.

Используя данную формулу, можно также провести расчет возможных санитарных потерь при применении биологических средств террористами.

На основании полученного расчетным путем прогноза возможного числа заболевших людей разрабатывается план проведения организационных, режимных, санитарно-противоэпидемических и лечебно-профилактических мероприятий по локализации и ликвидации очага биологического поражения

1.4.4. Характеристика очагов комбинированного поражения[13]

Под очагом комбинированного поражения понимается территория, в пределах которой в результате одновременного или последовательного воздействия двух или более видов оружия массового поражения, а также других средств нападения противника произошли массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных, растений и разрушения и (или) повреждения зданий и сооружений.

В условиях массированного применения противником различных видов оружия массового поражения нередко будут возникать ОКП за счет сочетания поражающих факторов ядерного взрыва, химического и биологического (бактериологического) заражения. Могут иметь место сочетания разрушений, загрязнения радиоактивными, заражения химическими веществами и биологическими средствами. Наиболее вероятно сочетание радиоактивного загрязнения, воздействию которого в условиях применения ядерного оружия подвергаются огромные площади, химического и биологического заражения.

При наличии определенных условий, даже без применения противником химических и биологических средств, очаг ядерного поражения может превратиться в ОКП. Это обусловлено возможностью возникновения в нем вторичных очагов поражения от аварийно химически опасных веществ и продуктов горения (окиси углерода, двуокиси углерода, продуктов горения органических материалов), а также биологических очагов при возникновении эпидемий инфекционных заболеваний. Так, в зоне слабых разрушений, при возникновении пожаров содержание окиси углерода может достигать до 2% (допустимое – 1%), двуокиси углерода — до 4,8 % (допустимое — 3,5— 4 %), снижение содержания кислорода в воздухе — до 13 % (для нормальной жизнедеятельности — не ниже 16%, серьезное ухудшение состояния организма наступает при содержании кислорода до 10 %).

[13] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

Тяжелые последствия может вызвать применение ОВ в очаге ядерного поражения или в зоне заражения РВ в период развертывания АСДНР и эвакуации населения из очага поражения. Люди, получившие комбинированные поражения (травмы, ожоги, облучение) дополнительно подвергаются воздействию отравляющих веществ, что может привести к смертельному исходу.

Еще более осложнится обстановка в очаге комбинированного поражения в случае применения противником биологических средств, действие которых может быть обнаружено через несколько суток, а в лучшем случае — через несколько часов. Последствия воздействия радиоактивного облучения могут способствовать развитию инфекционных заболеваний, так как снижается сопротивляемость организма к этим заболеваниям.

Таким образом, ОКП — это не простое наложение одного очага на другой, а система сложного взаимодействия различных поражающих факторов, усложняющих обстановку и отягчающих их последствия.

Очаг комбинированного поражения характеризуется сочетанием различных видов поражений личного состава объекта и населения, наличием зон радиоактивного, химического, а иногда и биологического заражения и их размерами, различной степенью разрушений зданий, сооружений, оборудования и других средств производства. Одновременное или последовательное проявление разнообразных видов поражения в ОКП, по-видимому, вызовет увеличение потерь населения, в значительной степени усложнит ведение АСДНР, потребует привлечения большого количества сил и средств для их проведения.

Убежища надежно защищают от всех поражающих факторов оружия массового поражения и других средств нападения противника. Во многих случаях в ОКП можно будет использовать также противорадиационные укрытия, но при этом всегда следует помнить, что они не защищают от паров и аэрозолей отравляющих веществ и биологических средств. Производственная деятельность в ОКП организуется таким образом, чтобы обеспечить безопасность рабочих и служащих предприятия. При этом меры предосторожности определяют по наиболее опасному поражающему фактору. В ОКП с зоной опасной мощности дозы излучения основная мера обеспечения безопасности людей — соблюдение режима радиационной защиты. В ОКП, где наиболее опасным поражающим фактором является химическое заражение, большее внимание при выполнении производственных работ и проведении АСДНР уделяется использованию средств индивидуальной и медицинской защиты; в этих условиях убежища, как правило, будут использоваться для отдыха людей, принятия ими пищи и для лечебных мероприятий. Правила поведения и действия населения в ОКП, в котором превалирует воздействие биологических средств, будут в основном такие же, как и в обычном очаге биологического поражения, но осуществление их должно проводиться более строго, поскольку в условиях резко выраженного бактериологического фактора обычно резко понижается эффективность других мероприятий защиты.

1.4.5. Характеристика зон затопления[14]

Под наводнением понимается затопление водой, прилегающей к реке, озеру или водохранилищу местности, которое причиняет материальный ущерб, наносит урон здоровью населения или приводит к гибели людей. Затоплением местности считается разлив реки, озера или водохранилища, не сопровождающийся материальным ущербом.

По повторяемости, площади распространения и среднегодовому материальному ущербу в масштабах нашей страны, наводнение занимает первое место среди стихийных бедствий. Особенностью наводнений, как и некоторых других чрезвычайных ситуаций природного характера, является то, что их невозможно предотвратить. Решая же проблему наводнений, можно, используя различные организационно-технические решения, только снизить возможный ущерб от них. Причем величина ущерба от наводнения в значительной мере зависит от степени заселенности и застройки городов и населенных пунктов. Поэтому наводнения представляют собой не только явления природы, но и явление социального порядка.

Основными природно-географическими условиями возникновения наводнений являются: выпадение осадков в виде дождя, таяние снега и льда, цунами, тайфуны, опорожнение водохранилищ. Наиболее частые наводнения возникают при обильном выпадении осадков в виде дождя, обильном таянии снега и при заторах льда на реках. Весьма опасны наводнения, связанные с разрушением гидротехнических сооружений (ГЭС, дамбы, плотины).

В зависимости от причин возникновения, как правило, выделяют пять групп наводнений:

1-я группа – наводнения связанные, в основном, с максимальным стоком от весеннего таяния снега. Такие наводнения отличаются значительным и довольно длительным подъемом уровня воды в реке и называются, обычно, половодьем.

2-я группа – наводнения, формируемые интенсивными дождями, иногда таянием снега при зимних оттепелях. Они характеризуются интенсивными, сравнительно кратковременными подъемами уровня воды и называются паводками.

3-я группа – наводнения вызываемые, в основном, большим сопротивлением, которое водный поток встречает в реке. Это обычно происходит в начале и в конце зимы при заторах и зажорах льда.

4-я группа – наводнения создаваемые ветровыми нагонами воды на крупных озерах и водохранилищах, а также в морских устьях рек.

5-я группа – наводнения создаваемые при прорыве или разрушении гидроузлов.

В зависимости от масштабов затопления и наносимого ущерба наводнения разделяют на 4 группы:

I группа – низкие наводнения. Наблюдаются на равнинных реках. Площадь затопления небольшая, обычно нет угрозы здоровью людей.

II группа – высокие наводнения. Возникает угроза жизни людей, что обусловливает необходимость частичной эвакуации населения.

III группа – выдающиеся наводнения. Затопление распространяется на речные бассейны. Возникает необходимость эвакуации значительной части населения.

IV группа – катастрофические наводнения - приводят к значительному материальному ущербу и большим потерям среди населения.

Стихийные явления, какими являются наводнение или катастрофическое затопление водой населенных пунктов на больших территориях, накладывают свои

[14] Юхин А.Н. Каф. 13 «Инженерной защиты населения и территорий»

особенности на тактику деятельности здравоохранения и использование медицинских сил и средств. Имеют значение, прежде всего масштабы территории затопления и тот факт, что большое количество населения оказывается без крова, без питьевой воды и продуктов питания, подвергается воздействию холодной воды, ветра и других метеорологических факторов.

Опасность возникновения затопления низинных районов происходят при разрушении плотин, дамб и гидроузлов. Непосредственную опасность представляет стремительный и мощный поток воды, вызывающий поражения, затопления и разрушения зданий и сооружений. Жертвы среди населения и различные нарушения происходят из-за большой скорости и все сметающего на своем пути огромного количества поступающей воды. Высота и скорость волны прорыва зависят от размеров разрушения гидросооружения и разности высот в верхнем и нижнем бьефах. Для равнинных районов скорость движения волны прорыва колеблется от 3 до 25 км/ч, в горной местности доходит до 100 км/ч. Значительные участки местности через 15 - 30 мин. обычно оказываются затопленные слоем воды толщиной от 0,5 до 10 м. и более.

Время, в течении которого территории могут находиться под водой, колеблется от нескольких часов до нескольких суток. По каждому гидроузлу имеются схемы и карты, где показаны границы зоны затопления и дается характеристика волны прорыва.

На затопляемой территории выделяют четыре зоны катастрофического затопления:

1 – зона примыкает непосредственно к гидросооружению или началу природного явления, которая простирается на 6-12 км, высота волны может достигать нескольких метров. Волна характеризуется бурным потоком воды со скоростью течения 30 и более км/час. Время прохождения волны – 30 мин;

2 – зона быстрого течения (15-20 км/час). Протяженность этой зоны может быть 15-25 км. Время прохождения волны 50-60 мин;

3 – зона среднего течения со скоростью 10-15 км/час и протяженность до 30-50 км. Время прохождения волны 2-3 часа;

4 – зона слабого течения (разлива). Скорость течения может достигать 6-10 км/час. Ее протяженность будет зависеть от рельефа местности и может составить 36-70 км от гидросооружения или места начала природного явления.

К основным характеристикам зоны наводнения, как правило, относят:

численность населения, оказавшегося в зоне наводнения;

количество населенных пунктов, попавших в зону, охваченную наводнением (здесь можно выделить города, поселки городского типа, сельские населенные пункты, полностью затопленные, частично затопленные, попавшие в зону подтопления и т. п.);

количество объектов различных отраслей экономики, оказавшихся в зоне, охваченной наводнением;

протяженность железных и автомобильных дорог, линий электропередач, линий коммуникаций и связи, оказавшихся в зоне затопления;

количество мостов и тоннелей, затопленных, разрушенных и поврежденных в результате наводнения;

площадь сельскохозяйственных угодий, охваченных наводнением;

количество погибших сельскохозяйственных животных.

Наводнения вследствие аварий на гидродинамически опасных объектах отличаются рядом особенностей (образование волны прорыва при разрушении плотин). Помимо поражающих факторов, характерных для других наводнений (утопление, ме-

ханические травмы, переохлаждение), при подобных авариях основное значение имеют механические повреждения:

непосредственное динамическое воздействие на тело человека волны прорыва,

травмирующее действие обломков сооружений, разрушаемых волной,

повреждающее действие различных предметов, вовлекаемых в движение волной.

Наводнения, порождаемые цунами, характеризуются неожиданностью, цикличностью, быстротечностью, разрушительной колоссальной силой, сопровождаются большими человеческими жертвами и огромными разрушениями. На Атлантическом побережье Европы самой грандиозной катастрофой было разрушение 15-метровой волной столицы Португалии Лиссабона. Погибло 70 тысяч человек.

Очень важно, чтобы мировое сообщество не прекращало и год от года совершенствовало методику сбора данных о наводнениях в разных странах и выработку единой методики подсчета последствий ущерба от наводнений. Учитывая разнохарактерность и неполноту материала, полученного по отдельным странам из разных источников и основанного на различных методах расчета ущерба от наводнений, в настоящее время нет оснований утверждать, что обработанные материалы дают адекватную картину бедствий, причиненных наводнениями. Поскольку о числе жертв при стихийных бедствиях сообщают многие средства массовой информации, можно полагать о достаточной достоверности цифр, указывающих число погибших в большинстве стран мира в период наводнений. Менее надежны данные о временно эвакуированных из зон затопления.

Наибольшая рабочая смена объектов экономики, расположенных в зоне возможного затопления, укрывается в специальных убежищах (повышенной герметизации и возвышающимся аварийным вертикальным выходом, с 3-мя режимами вентиляции), возводимых в местах с глубиной возможного затопления до 10 метров и имеющих радиус сбора до 1000 метров.

Для защиты населения, эвакуируемого из населенных пунктов, находящихся в зоне затопления, заблаговременно в местах эвакуации (на незатапливаемой территории) строятся ПРУ.

Для защиты населения, проживающего на затапливаемой территории некатегорированных городов и поселков, предусматривается строительство ПРУ на незатапливаемой территории этих населенных пунктов. Работающая смена объектов экономики, расположенных в некатегорированных городах в зоне затопления, укрывается в ПРУ, возводимых вне этих зон.

ГЛАВА 2. ОБЫЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ

2.1. Обычные средства поражения[15]

Понятие обычные средства поражения возникло с появлением оружия массового поражения, в первую очередь ядерного оружия. Оно обозначило границу между тем оружием, которое применялось в течение предыдущего времени и оружием, которое имело принципиальные отличия и в корне изменяло возможные последствия его применения.

Новое оружие (оружие массового поражения) отличалось, по многим параметрам.

Во-первых, по своим поражающим свойствам, которые приводили к массовому поражению населения, уничтожению и разрушению различных объектов, техники и сооружений, в том числе сильно защищенных на больших расстояниях. Оно на несколько порядков было мощнее по сравнению с имеющимся и обладало сильным психологическим эффектом.

Во-вторых, оружие массового поражения продемонстрировало совершенно новые поражающие факторы, так, например, ядерное оружие обладает колоссальной совокупностью поражающих факторов - ударной волной, световым излучением, проникающей радиацией, радиоактивным заражением и электромагнитным импульсом.

Поражающее действие химического оружия основано на использовании отравляющих веществ, способных наносить массовое поражение живой силе (войскам, населению, животным) в короткие сроки и на больших площадях.

Биологическое оружие основано на использовании болезнетворных свойств микроорганизмов, способных вызывать различные массовые инфекционные заболевания и гибель людей, животных и растений.

Традиционное же оружие, как правило, имело ограниченный масштаб поражающего воздействия на различные цели и достаточно ограниченного действия поражающие факторы.

Поражающие факторы проявлялись в:

создании избыточного давления (воздушной ударной волны) в результате подрыва боеприпаса (фугасные);

создании облака осколков опасных, в первую очередь, для населения и войск противника в результате подрыва боеприпасов (осколочные);

создании высокотемпературной кумулятивной струи, предназначенной, в первую очередь, для бронированных целей (кумулятивные);

создании и поддержании высокой температуры горения объекта нанесения удара за счет попадания на его поверхность содержимого боеприпаса (зажигательные: напалмы, пирогели, термитные и фосфорные смеси др.);

создании объемно-детонирующей среды, представляющей собой взрыв аэрозолей, распыленных в пространстве (вакуумные). Можно провести классификацию обычного оружия и его основных компонентов и по другим основаниям.

Таким образом, была проведена грань между тем оружием, которое применялось на протяжении многих десятилетий, были достаточно хорошо изучены возможные последствия его действий и совершенно новым, ранее невиданным, мало изученным и огромной разрушительной и поражающей силы.

Отсюда, под обычными средствами поражения стали понимать боеприпасы различной формы, структуры и мощности, снаряженные взрывчатыми веществами или специальными смесями.

[15] Кубиков Н.Н. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

Основная масса боеприпасов снаряжается взрывчатыми веществами, выделяемая энергия которых поражает, разрушает и уничтожает предназначенные цели в определенном радиусе действий, в зависимости от их мощности и свойств конкретной цели.

Таким образом, в зависимости от вида поражающих факторов ОСП представляют собой боеприпасы следующего вида действия: ударного действия, фугасные, осколочные, кумулятивные, зажигательного (огневого) действия, объемно-детонирующие (вакуумные).

По своим конструктивным особенностям они подразделяются на ракеты, бомбы, снаряды, мины, торпеды, боевые блоки, баки, кассеты, гранаты, патроны, пули, заряды, фугасы, артиллерийские выстрелы и др.

Для применения обычных средств поражения используется, как правило, комплекс (система) вооружения. Основными элементами современной системы вооружения являются используемые средства поражения, средства их доставки к цели, а также средства управления.

Следует выделить и одно из важных свойств обычных средств поражения: они могут быть неуправляемыми, управляемыми и самонаводящимися, с различными методами управления: с командной системой наведения, с автономной системой наведения, самонаводящееся и с комбинированной системой наведения.

В зависимости от принципа работы системы наведения включают: телевизионную, тепловизионную, инфракрасную, лазерную, радиолокационную, корреляционную, спутниковую и другие.

Обычные средства поражения применяются в авиации, сухопутных войсках, военно-морском флоте.

Неуправляемые и управляемые боеприпасы могут доставляться в районы их пуска (сброса) различными носителями, в том числе стратегической и тактической авиацией, кораблями и подводными лодками.

Сегодня, в условиях нахождения вероятных противников вблизи наших границ, следует констатировать, что все объекты экономики на территории России находятся в пределах досягаемости современных обычных средств поражения с учетом средств их доставки.

По мере развития науки и техники, опыта боевого применения, ОСП стали приобретать более разрушительные и поражающие свойства.

Современные обычные средства поражения обладают повышенной разрушительной силой, приближающих их к ядерным боеприпасам малой мощности и большой дальностью применения. К таким средствам можно отнести боеприпасы объемного взрыва (вакуумные), которые занимает промежуточное положение между ядерными малой мощности и обычными (фугасными) боеприпасами. Температура в зоне детонации за несколько десятков микросекунд может достигать 2500-3000 $^{\circ}$С.

Они способны уничтожать не только живую силу, вооружение и военную технику противника, но и объекты экономики, мирное население городов, их инфраструктуру с целью создания паники, хаоса и вынудить противника сдаться.

Отдельное место в составе обычных средств поражения занимают боеприпасы, относящиеся к высокоточному оружию.

2.2.Высокоточное оружие[16]

2.2.1. Общая характеристика ВТО

Высокоточное оружие является особым классом обычного управляемого оружия, обладающего высокой точностью поражения цели. Боеприпасы способны поражать малоразмерные наземные цели, высокозащищенные, заглубленные и подземные сооружения. К ним можно отнести пункты управления гражданской обороны РФ, защитные сооружения для наибольшей работающей смены категорированных объектов, технологические установки на предприятиях топливно-энергетического комплекса, реакторные отделения АЭС и другие.

Принципиальное отличие высокоточного оружия состоит в том, что оно дает высокую вероятность поражение цели за счет прямого попадания в широком диапазоне дальности, в любое время суток, в сложных метеорологических условиях и при интенсивном противодействии противника.

В настоящее время под высокоточным оружием понимают управляемые средства поражения, обеспечивающие вероятность прямого попадания в типовые объекты - цели (например, здание, сооружение предприятия, танк, самолет, мост и т.п.), превышающую 0,5 на любой дальности пуска (стрельбы) в пределах зоны досягаемости.

В частности, при круговом рассеивании такая характеристика точности ВТО, как круговое вероятное отклонение боеприпаса от центра цели (Rкво), соответствует условию Rкво < 0,5Rп. Современные системы ВТО обеспечивают значение Rкво до 0,5 м.

Массовое принятие на вооружение образцов ВТО рассматривается как новый качественный скачок в развитии средств вооруженной борьбы. Основным качественными характеристиками ВТО являются:

минимальный расход средств поражения (как правило, не требует пристрелки и обеспечивает поражение выявленных целей 1-2 выстрелами (пусками));

отсутствие существенного влияния дальности стрельбы на ее точность.

Сегодня, многие страны в мире обладают высокоточным оружием, в том числе страны НАТО, Китай, Индия и другие. США продают такое оружие даже странам Ближнего и Среднего Востока.

Особенностями ВТО является уничтожение (разрушение) наиболее важных (критических) элементов объектов экономики, размеры которых бывают в десятки и сотни раз меньше площади самих предприятий, но именно их разрушение прекращает функционирование данного объекта.

К высокоточному оружию можно отнести:

разведывательно-ударные (огневые) комплексы, реализующие принцип «обнаружил - выстрелил – поразил»;

баллистические ракеты, управляемые на траектории, в том числе с кассетными боеголовками и самонаводящимися боевыми элементами;

артиллерийские управляемые и самонаводящиеся боеприпасы (снаряды и мины, в том числе кассетные);

авиационные дистанционно-управляемые и самонаводящиеся боеприпасы (бомбы, ракеты, кассеты);

дистанционно-управляемые летательные аппараты.

Общая классификация ВТО приведена на схеме 2.1.

[16]Осипов Д.М. Каф. 11 Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

По масштабам применения ВТО подразделяют на оперативно-стратегическое и тактическое.

К оперативно-стратегическому ВТО относятся наиболее мощные системы оружия, применение которых позволит противоборствующей стороне нанести решающее поражение противнику. Это, прежде всего крылатые ракеты:

наземного (GLCM (англ. *Ground-Launched Cruise Missile*) BGM-109A/…/F, RGM/UGM-109A/…/E/H);

морского (SLCM (англ. *Sea-Launched Cruise Missile*) BGM-109G);

воздушного (MRASM (англ. *Medium-Range Air-to-Surface Missile*) AGM-109C/H/I/J/K/L) базирования:

управляемые ракеты (типа MGM-52 «Lance», «ATACMS»);

баллистические ракеты, наводимые на конечном участке траектории (типа MGM-31A «Pershing 1A»);

разведывательно-ударные комплексы (РУК) типа «PLSS (англ. *Precision Location Strike System*)» и «JSTARS (*Joint Surveillance Target Attack Radar System*)»;

дистанционно-пилотируемые летательные аппараты.

К тактическому высокоточному оружию относятся авиационные управляемые бомбы, управляемые авиационные кассеты и ракеты, противотанковые ракетные комплексы (ПТРК) и танки, способные применять управляемые ракеты.

Исходя из характера излучения поражаемых объектов, ВТО можно классифицировать по типу поражаемых целей: радиоизлучающих, теплоизлучающих, контрастных и целей общего назначения. Для поражения объектов (целей) общего назначения применяются баллистические и крылатые ракеты, управляемые ракеты, при наведении которых энергетический контакт между боеприпасами и целью отсутствует. Эти же объекты могут поражать артиллерия и самолеты с применением управляемых и самонаводящихся боеприпасов. К оружию, поражающему радиоизлучающие цели (командные пункты, радиолокационные станции, узлы связи, центры управления и наведения авиации, ПВО и т.д.), относят средства поражения типа РУК «PLSS» противорадиолокационные ракеты «AGM-88 HARM (англ. *High-speed Anti-Radar Missile*)», «AGM-78 Standard ARM (англ. *Anti-radiation missile*)» и «AGM-45 Shrike» и др.. Теплоизлучающие цели поражают управляемыми авиационными бомбами GBU-15, AGM-130. управляемыми ракетами «AGM-65 Maverick», AGM-650, F и G, суббоеприпасами РУК «JSTARS».

К оружию, поражающему цели, обладающие контрастом (радиолокационным, тепловым, фотометрическим) с фоновой поверхностью, относятся РУК «JSTARS», артиллерийские и авиационные управляемые или самонаводящиеся боеприпасы.

По базированию высокоточное оружие подразделяют на:

наземное;

воздушное;

морское.

В зависимости от характера аппаратуры, обеспечивающей точное наведение оружия на цель, места ее размещения, особенностей энергетического контакта с целью различают четыре метода управления:

телеуправление;

автономное;

самонаведение;

смешанное (комбинированное).

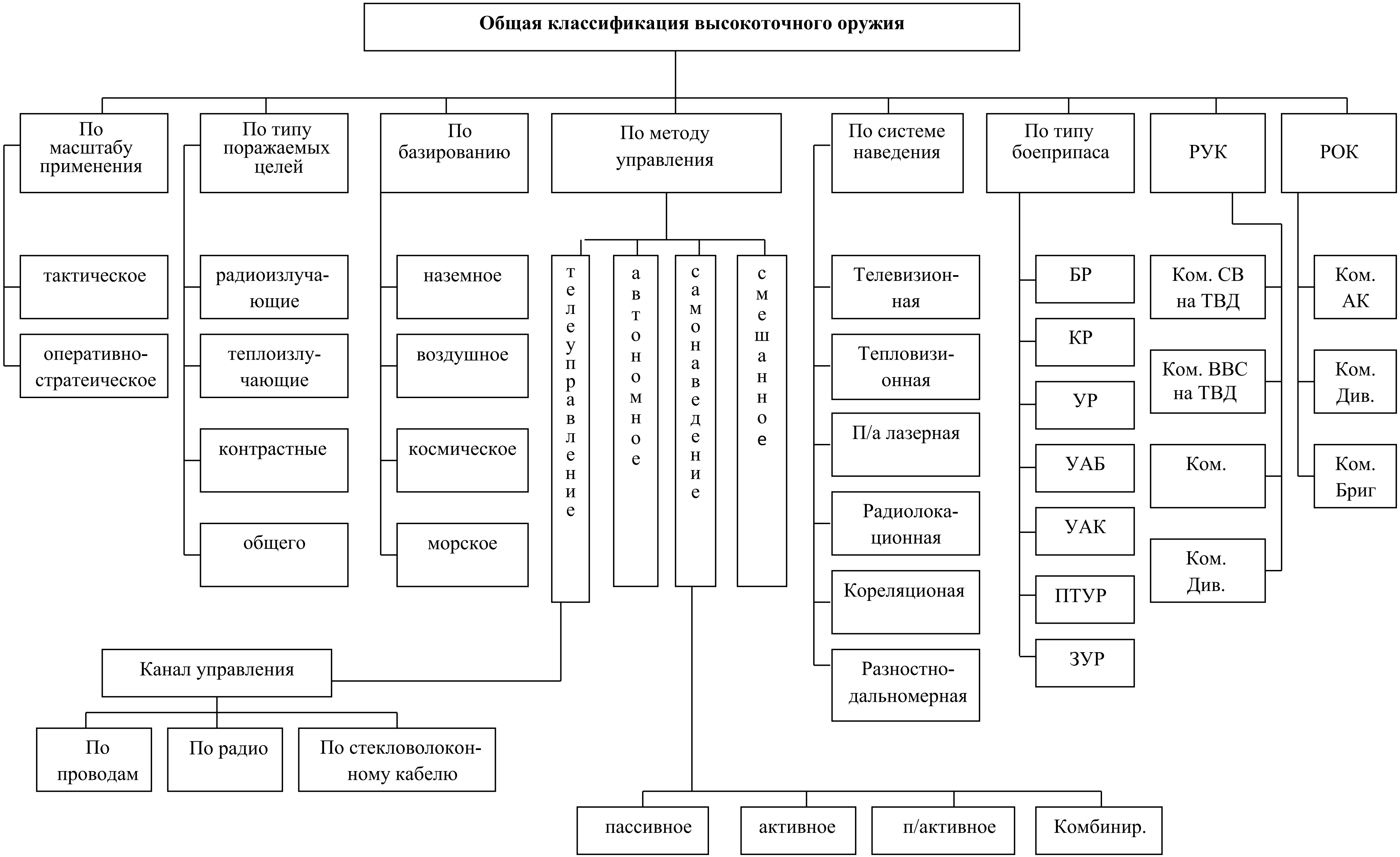


Схема 2.1. Общая классификация высокоточного оружия армий стран НАТО

К современным средствам поражения в обычном снаряжении, способным потенциально наносить удары по объектам тыла можно отнести:

обычные и управляемые авиабомбы (УАБ), в том числе модульной конструкции (с ракетным ускорителем);

управляемые ракеты воздушного и наземного базирования;

крылатые ракеты воздушного, наземного и морского базирования;

межконтинентальные баллистические ракеты в обычном снаряжении.

Средствами доставки данных видов оружия может быть стратегическая и тактическая авиация, надводные корабли и подводные лодки.

Практически все указанные средства вооружения используют аэрокосмические средства наведения на цель.

Управляемые авиационные бомбы. Для атаки точечных хорошо защищенных и заглубленных целей с расстояния до 20-30 км в настоящее время применяются бомбы с лазерной системой наведения (GBU-10, GBU-12, GBU-24, GBU-27).

Боевая часть этих УАБ несет обычно фугасный заряд с массой взрывчатого вещества (ВВ) 230-900 кг или проникающие боеголовки типа BLU-109. Обнаруженная оператором воздушного пункта управления цель подсвечивается с помощью лазера с обеспечивающего самолета.

Расположенное на УАБ приемное устройство регистрирует отраженное от цели излучение и корректирует траекторию полета бомбы. Наиболее вероятное отклонение управляемых авиабомб с лазерными системами наведения от точки прицеливания не более 3 м.

Основным недостатком этих бомб является возможность применения лишь в безоблачную погоду. В этой связи в начале 1990-х годов получила мощный толчок программа JDAM (*Joint Direct Attack Munition*) по созданию модулей для корректировки траектории полета авиабомб по сигналам, получаемым от спутников системы GPS. Авиабомбы, оснащенные JDAM, обладают круговым вероятным отклонением (КВО) не более 13 м в любых погодных условиях. Было проведено более 250 испытаний УАБ с JDAM, 96 % из которых оказались успешными.

В боевых условиях эти бомбы впервые были испытаны в марте 1999 года в Югославии стратегическими бомбардировщиками В-2. Всего в ходе конфликта в 45 вылетах было применено 656 бомб типа JDAM с массой ВВ от 900 до 2000 кг. Крупносерийное производство таких УАБ начато в 2000 году, и сушествуют планы закупки 87500 модулей.

Управляемыми авиабомбами с JDAM будет оснащен практически весь парк бомбардировочной авиации США, включая стратегические бомбардировщики, тактическую авиацию ВВС и ВМС.

Ведутся также работы по дальнейшему совершенствованию характеристик модулей JDAM. В частности, планируется увеличить дальность применения авиабомб с 28 до 74 км.

Параллельно с программой JDAM ВВС США ведется программа JDAM-PIP (*Product Improvement Program*), цель которой снизить КВО до 3 м за счет установки на модуле систем для коррекции на конечном участке траектории.

Необходимо также отметить, что на вооружении ВВС США приняты и более мощные бомбы калибра с массой боевой части свыше 2000 кг (GBU-28, GBU-37). Они разрабатывались для уничтожения заглубленных (защищенных) подземных пунктов управления, складов и сооружений.

Так, прототип бомбы лазерного наведения GBU-28 был впервые испытан в 1991 году входе операции «Буря в пустыне» в Ираке. Боевая часть бомбы GBU-28 представляет собой артиллерийский снаряд калибра 203 мм и длиной около 6 м, в котором размещен заряд взрывчатого вещества.

Впервые в Югославии, а впоследствии и в Афганистане для уничтожения подземных баз и арсеналов (учебных центров «Талибана» и террористических организаций «Аль-Каида» - баз и арсенала в пещерах «Тора-Бора») США применили камуфлетные (глубоко проникающие в землю и подрываемые на значительной глубине) управляемые авиабомбы «GBU-28» с массой 2272 кг.

Рубеж бомбометания подобных УАБ назначается на удалении 60 - 80 км от объекта, что затрудняет их обнаружение и огневое поражение средствами ПВО.

В отличие от GBU-28, GBU-37 наводятся по данным спутниковой системы GPS, и хотя и обладают меньшей точностью, но являются всепогодными. Бомбами GBU-28 и GBU-37 оснащены соответственно штурмовики F-111 и стратегические бомбардировщики B-2.

Основным типом планирующих УАБ станет в перспективе AGM-154, разрабатываемая в трех вариантах (варианты AGM-154A и AGM-154B несут кассетные бомбы, а AGM-154C - моноблочную боеголовку) для оснащения практически всего авиапарка ВВС и ВМС США. Всего планируется закупить более 23000 шт. Максимальная боевая нагрузка кассетной бомбы составляет 450 кг при максимальной дальности до 75 км. Управление AGM-154 будет осуществляться автономно с помощью ИНС/GPS. Точность AGM-154A и -154B составляет около 30 м.

Моноблочный вариант AGM-154C будет оснащен также телекамерой, и управление на конечном участке траектории будет производиться бортоператором. В настоящее время закупка моноблочного варианта планируется только для палубной авиации ВМС США.

Впервые в боевой обстановке AGM-154 использовались в Ираке 24 января 1999 года с борта палубного истребителя-бомбардировщика ВМС США F/A-18, ударом которой был уничтожен комплекс ПВО. Основные характеристики управляемых авиабомб представлены в таблице 2.1.

Управляемые ракеты тактического звена. В настоящее время управляемые ракеты (УР) типа «воздух-земля» дальности от 100 до 500 км находятся только на вооружении авиации ВМС США (F/A-18, P-3). Управляемые ракеты SLAM (AGM-84E) способны нести боезаряд весом 230 кг на расстояние более 200 км. В 1998 году были проведены испытания усовершенствованной УР SLAM-ER (AGM-84H) с дальностью более 270 км. УР SLAM-ER также отличается повышенной точностью, большей помехозащищенностью и большей проникающей способностью боеголовки. Управление ракетой в полете осуществляется инерциальной навигационной системой с коррекцией от глобальной спутниковой системой навигации, а на конечном участке траектории управление осуществляется пилотом, который корректирует точку прицеливания по видеоизображению.

С середины 1998 года осуществляется перевооружение палубного истребителя-штурмовика F/A-18 на УР SLAM-ER, а в дальнейшем планируется оснащение этими ракетами и патрульных самолетов P-3C. Планируется и дальнейшая модернизация ракет (SLAM-ER PLUS). Предполагается, что новая модификация ракеты будет оснащена устройством автоматизированного распознавания целей АТА (*Automatic Target Acquisition*), что повысит эффективность ее применения в неблагоприятных погодных условиях.

Таблица 2.1.

Основные тактико-технические характеристики управляемых авиабомб (УАБ)

Тип	Калибр, фунт/ общая масса	Общая длина/ диаметр корпуса	Высота бомбометания, км	Дальность рубежа бомбометания, км	Система наведения			Тип боевой части	Носители УАБ
					тип	точность	характеристики ГСН		
GBU-23-1	1000/ 500	3560/350	0,06-9,0	5	Лазерная, полуактивная	3,0	-	Фугасная	A4, A10, F4, D18
AGM-123A (GBU-23-2)	2000	3500/456	0,06-9,0	13	Лазерная, полуактивная	3,0	-	Фугасная	A4, A10, F4, D18
GBU-15(V) 2/B	2000/ 1160	4050 /457	0,06-12,0	9-60	Тепловизионная, тепловизионная лазерная, полуактивная	1,5	ГСН с двухфокусной оптической системой	Фугасная	B-52 (4), F-111(4), F-4(2)
AGM-130	2000/ 1316	3920/457	0,06-12,0	28-80	Тепловизионная, тепловизионная лазерная, полуактивная	1,5	ГСН с двухфокусной оптической системой	Фугасная, кассетная, проникающая бетонобойная, объемные взрывы	B-52, F-111 B-16 (18)
GBU-28	2000/ 1300	-	-	80	Тепловизионная, тепловизионная лазерная, полуактивная	1,5	-	Проникающая	F-111, B-52

Крылатые ракеты большой дальности. Крылатыми ракетами морского базирования (КРМБ) «BGM-109 Tomahawk» вооружены многоцелевые атомные подводные лодки и некоторые типы надводных кораблей США. КРМБ «BGM-109 Tomahawk» может нести ядерный или обычный боезаряд с массой ВВ 450 кг. Существуют модификации с моноблочной (TLAM-C) и кассетной (TLAM-D) боевой частью. В своем развитии КРМБ «BGM-109 Tomahawk» прошла несколько модификаций (Block I, Block II, Block III, Block IV). Основными отличиями модификации Block III от предыдущих является большая дальность (до 1600 км) и возможность коррекции КР в полете по сигналам спутниковой системы навигации КРНС GPS (таблица 2.2.).

КРМБ «BGM-109 Tomahawk» активно использовались ВМС США в вооруженных конфликтах. Только с августа 1998 г. было применено более 500 КР по территории Афганистана, Судана, Ирака и Югославии. К концу 1999 г. арсенал крылатых ракет этого типа составлял около 2000 единиц, большинство из которых представляют собой вариант Block III.

В настоящее время подготовлен к производству новый вариант КР «BGM-109 Tomahawk», отличающийся повышенной дальностью стрельбы и точностью наведения. В этом варианте ракета оснащается усовершенствованной системой управления, в состав которой дополнительно включены приемник спутниковой навигационной системы «Navstar» и блок расчета времени полета. Улучшено программное обеспечение системы наведения «DSMAC» и повышена эффективность двигателя. Приемник «Navstar» функционирует совместно с системой «TERCOM (*англ. Terrain Contour Matching*)» или самостоятельно производит корректировку траектории при полете над поверхностью со слабо выраженным рельефом (пустыня, равнинные участки), а также над водой и льдом. В результате снимается существующее ныне ограничение на удаление района пуска до 700 км от береговой линии. Кроме того, упрощается подготовка полетного задания для бортовой системы управления, так как расчет маршрута полета осуществляется непосредственно на борту носителя.

Благодаря исключению районов коррекции по маршруту полета дальность стрельбы может быть увеличена на 20 %, а с учетом лучшей экономичности двигателя еще на 10 % и составит от 1700 до 2000 км.

Крылатые ракеты воздушного базирования (КРВБ) большой дальности США так же, как и КРМБ «BGM-109 Tomahawk», могут нести ядерные и обычные боезаряды. Ракета в неядерном оснащении получила обозначение *Conventional Air-Launched Cruise Missile* (CALCM) или AGM-86C. КРВБ CALCM может доставлять боезаряд PBXN-111 фугасного типа калибром 1350 кг на дальность более 1000 км. КРВБ CALCM применялись в военных конфликтах начиная с 1991 года. Предусмотрено финансирование переоснащения 322 ядерных КРВБ в неядерные. В ходе модернизации КРВБ CALCM AGM-86D (Block II) ее точность была улучшена до 5 м (КВО), а сама ракета способна нести проникающую боеголовку. ВВС США рассматривает планы производства новых КРВБ большой дальности.

В результате модернизации и с учетом боевого опыта в 2006 году на вооружение ВМС США была принята новая КРМБ RGM-109E «Tactical Tomahawk» Block IV с боевой частью в обычном снаряжении. При этом каждая американская АПЛ оснащена 154 КРМБ. Следует напомнить, что ВМС США планировали довести количество КРМБ на АПЛ и надводных кораблях до 4000 шт.

КРМБ «Tactical Tomahawk» обладает следующими достоинствами:

дальностью стрельбы до 3000 км;

высокой точностью стрельбы (круговым вероятным отклонением до 3-5 м);

большим удалением рубежей пуска ракет (2500 км);

функционирует в плохих метеоусловиях;

малые высоты полета (10-30 м) в сочетании с малыми значениями эффективной поверхности рассеивания (ЭПР) значительно снижают дальность обнаружения для существующих радиолокационных систем, что обуславливает несвоевременное оповещение и целеуказание огневым средствам С-300, С-400 и, следовательно, невыполнение задачи поражения цели;

малые значения ЭПР ведут к срыву функционирования контуров наведения ЗУР 48Н6 комплекса С-300 и ракет «воздух-воздух» Р-27АЭ, Р-27Р, Р-27РЭ, Р-33, входящих в боекомплект истребителя-перехватчика МиГ-31;

наличие у КРМБ кумулятивно-фугасной боевой части (БЧ), которая может пробивать броневую плиту толщиной 2,5 м, позволяет надежно поражать укрепленные ракетные комплексы шахтного и мобильного базирования, командные пункты, защитные сооружения гражданской обороны;

обеспечивается подлет ракет залпа к цели с различных направлений в заданное время;

ракета способна осуществлять патрулирование заданного района в течение 2 часов и быть перенацеленной за 4 минуты на поражение другого объекта;

КРМБ, базирующиеся на многоцелевых АПЛ, обеспечивают нанесение внезапных ударов и могут применяться в качестве оружия быстрого реагирования, а также для подавления систем ПВО и ПРО противника на начальной стадии конфликта;

в случае захода американских АПЛ в акватории северных и дальневосточных морей и находясь в непосредственной близости от границ РФ, в зону досягаемости КРМБ попадают все объекты государственного управления.

Следовательно, большие удаления рубежей пуска КРМБ в сочетании с полетом на минимальных высотах и малой ЭПР (0,05 $м^2$) затрудняют их обнаружение радиолокационными станциями и резко снижают как эффективность действий истребителей, так и вероятность их поражения российскими ЗРК.

Крылатые ракеты разрабатываются во многих странах мира. В Великобритании и Франции разработана тактическая ракета «Storm Shadow / SCALP» класса «воздух-земля» с дальностью пуска 250 км. В ходе агрессии в Ираке в 2003 году эти ракеты запускались с британских истребителей «Торнадо». Пакистан в 2005 году объявил об испытаниях крылатой ракеты «Hatf VII Babur» с дальностью пуска до 500 км. Индия с помощью Российских оборонных предприятий разработала сверхзвуковую крылатую ракету морского, наземного и воздушного базирования «Bramos» с дальностью пуска 300 км.

В США реализуется программа по созданию гиперзвуковых ракет типа AGM-86, способных пролететь 1400 км всего за 12 минут. Гиперзвуковые ракеты обеспечивают скорости в 8 раз, превышающие скорость звука.

Тактико-технические характеристики управляемых ракет США и стран НАТО представлены в таблице 2.3.

В качестве возможных средств уничтожения объектов тыла рассматриваются и межконтинентальные баллистические ракеты (МБР). Доставленные к цели с помощью МБР, боеголовки могут обладать кинетической энергией, достаточной для того, чтобы пробить любую защиту. Эксперименты, проведенные в США, показали высокий потенциал МБР для поражения заглубленных целей. В частности, сообщалось об экспериментальных пусках ракеты SR-19 «Pershing II», которая является второй ступенью МБР «Minuteman». Максимальная высота траектории составляла до 180 км, а полет головной части МБР корректировался с помощью КРНС GPS. В результате одного из трех испытаний проникающая боеголовка, обладающая скоростью 1,2 км/с и массой около 270 кг, прошла через слой гранита толщиной 13 м, причем вероятность кругового отклонения составила менее 5 м.

Таблица 2.2.

Высокоточное оружие США морского базирования

Основные ТТХ	Типы КР				
	«Tomahawk»			«Tomahawk» BLOK-III	«Tomahawk» BLOK-IV
	BGM-109A	BGM-109C	BGM-109D		
Дальность стрельбы (км)	2600	1300	1300	1500	3600
Скорость полета (км/час) на марше	750 - 850	750 - 850	750 - 850	750 - 850	750 - 850
Высота полета у цели	60 - 100	60 - 100	60 - 100	60 - 100	-
Точность стрельбы (предельное отклонение (м)	80 - 100	30	30	10	5-10
Тип боевой части (вес, кг)	Ядерная (130)	Полубронебойная (442)	Кассетная 166 элементов (450)	Полубронебойная (450), кассетная (450)	Полубронебойная, кассетная
Системы управления	АУ, с коррекцией по рельефу местности	АУ, с коррекцией по радиолокационной карте местности («DSMAC-2»)		АУ, с коррекцией системами «DSMAC-2» и «Navstar»	АУ, с коррекцией по РЛ картам местности, «Navstar»
Стартовая масса (кг)	1440	1500	1500	1600	-
Носители (боекомплект)	ПЛ и НК ВМС США			ПЛ и НК ВМС США	ПЛ и НК ВМС США
Год принятия на вооружение	1984	1985	1988	1991	1998 - 2006

Таблица 2.3.

Тактико-технические характеристики управляемых ракет

Тип, страна	Назначение	Носитель	Максимальная дальность пуска, км	Максимальная скорость ракеты, км/час	Точность, м	Тип и масса ВВ боевой части	Система наведения
«Maverick» AGM-65 A, B, D, E, F, США	Поражение защищенных целей	F-16, F-18, A-4, A-10	30	M-2	±2,5	Фугасная 60 - 136 кг	A, B, D, F - самонаведения, тепловизионная, E - лазерная, полуактивная
AQM-123A, США	То же	То же	13	M-0,8÷0,9	±1,5	Фугасная 430 кг	Лазерная, полуактивная
AGM-130A, США	Поражение производственных объектов	F-111, B-52, F-4	80	M-0,8÷0,9	±1,5	Фугасная 870 кг	Телевизионная, тепловизионная (командная, самонаведения)
SLAM (AGM-84E), США	Поражение объектов энергетики, портовых сооружений	B-52, B-1A	130	M-0,85	2÷5	Проникающая 227 кг	Инерциальная, корректируемая «Navstar», командная тепловизионная
HVM, США	Поражение точечных целей (бронированных)	F-16, A-10	5	M-4÷4,5	2÷5	Ударный сердечник 2,5 - 3 кг, (бронепробиваемость до 450 мм)	Командная, лазерная
AGM-109H, США	Поражение площадных стандартных целей	F-111, F-16	-	M-0,9	10	Кассетная 500 кг	Инерционная «TERCOM» и «DSMAC»
AS-30A, Франция	Для точечных наземных целей	Mirage 2000	11,5	M-10	3	Осколочно-фугасная 239 кг	Полуактивная, лазерная
ASMP, Франция	То же	Mirage 2000	350	M-3	3	То же	Инерционная
LRSJM	То же	F-111, F-16	100-180	M-0,8÷1,8	5	Кассетная, фугасная 350 - 475 кг	Инерционная «TERCOM» и РЛ

Средства наведения. Существующая система космических разведывательных спутников США имеет пока ограниченные возможности для поиска и слежения за мобильными целями. Обнаружение мобильных целей возможно лишь низкоорбитальными спутниками, оснащенными аппаратурой высокого разрешения (пассивными электронно-оптическими приемниками видимого и инфракрасного диапазонов). Следует также подчеркнуть, что время появления разведывательных космических аппаратов (КА) над заданными районами может быть предсказано с высокой точностью, что позволяет более эффективно проводить маскировку объектов.

Таким образом, существующая система разведывательных спутников США не может обеспечить непрерывного наблюдения за всеми объектами, по которым необходимо наносить удары. Тем не менее не исключено, что в перспективе США смогут развернуть систему КА постоянного наблюдения. К примеру, разрабатываемая система КА «Discoverer II» предполагает развертывание 24 низкоорбитальных спутников, обеспечивающих метровое разрешение. По заявлениям представителей министерства обороны США, эта система позволит осуществлять мониторинг за заданными районами в реальном масштабе времени и выдавать целеуказания с точностью до 20 м.

Для решения задачи поиска и слежения за целями могут быть также использованы и беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Вероятнее всего, что если БПЛА и будут применяться для наведения на цель, то в основном как средства, дополняющие спутниковую систему наблюдения. Следует отметить, что перед разрабатываемыми в США БПЛА ставится не только задача обнаружения мобильных целей и слежения за ними, но и создания помех для передвижения целей или временное выведение их из строя.

Анализ технических характеристик БПЛА, состоящих на вооружении США («Predator», «Hunter») показывает, что они имеют ограниченную дальность и ресурс. Однако разрабатываемый БПЛА типа «Global Hawk» будет способен осуществлять слежение за целью в течение 24 ч на расстоянии более 5500 км от места базирования и возвращаться обратно. БПЛА «Global Hawk» будут оснащаться оптико-электронной и инфракрасной аппаратурой.

Разведывательно-ударные и ударные беспилотные летательные аппараты. Сегодня уже нет сомнений в полезности использования беспилотных летательных аппаратов для военных целей. Беспилотные летательные аппараты нашли самое широкое применение в боевых действиях с середины XX - начала XXI веков. Массовое распространение СНС-приемников привело к расширению сферы их использования, к появлению новых способов навигационного обеспечения при решении самых различных задач. Исходя из опыта использования СНС в современных военных конфликтах, при разработке нового поколения БПЛА их функции расширяются от решения разведывательных задач до выполнения разведывательно-ударных заданий.

Следует заметить, что начиная с войны во Вьетнаме, на них стремились возложить не только выполнение разведывательных, но и ударных задач по уничтожению разнообразных объектов противника. Воздушную войну в Афганистане достаточно широко ведут разведывательные и разведывательно-ударные БПЛА. В ведущих странах мира активно разрабатываются и испытываются боевые беспилотные летательные аппараты, включая и беспилотные бомбардировщики и штурмовики.

Некоторые современные БПЛА воздушной разведки способны пересекать континенты и могут развиться до телеуправляемых (дистанционно управляемых) реактив-

ных тактических истребителей и бомбардировщиков. Есть экземпляры дистанционно управляемых летательных аппаратов размером с бабочку и даже меньше, совершающих свой полёт самостоятельно. Такие БПЛА образно называют «летающий глаз» и «летающий клюв». Наметилась тенденция, прежде всего в ВС США, объединения всех БПЛА в единое информационное поле, глобальные электронные сети автоматических пусковых установок, в сеть сигнальных радиоярлыков (радиометок) и средства обмена разведывательной информацией для всех уровней военного управления.

Характерные особенности современных военных конфликтов позволяют выявить тенденцию постепенного перехода к созданию, а затем и к применению специализированного ББЛА - дистанционно управляемой авиационной системы: беспилотного аналога пилотируемого боевого самолета. Возможная классификация такой беспилотной авиационной системы приведена в таблице 2.4.

Существующий рынок военных БПЛА можно разделить на три основные категории:

стратегические высотные БПЛА длительного полета, способные находиться в воздухе по меньшей мере до 24 ч и нести полезную нагрузку массой до 500 кг и более;

тактические средневысотные БПЛА с длительностью полета 4-12 ч и массой полезной нагрузки до 100 кг;

портативные и миниатюрные БПЛА.

Таблица 2.4.

Современная классификация беспилотных авиационных систем военного назначения

<table>
<tr><td rowspan="3">По функциональному назначению
Наблюдательные БАС
Разведывательная БАС
Разведывательно-ударная БАС
Ударные БАС
Бомбардировочные БАС
Истребительные БАС
БАС РЭБ
Транспортные БАС
БАС - мишени
БАС - имитаторы цели
Многоцелевые БАС</td><td>По глубине действия
БАС поля боя
Тактическая БАС
Оперативно-тактическая БАС
Оперативная БАС
Стратегическая БАС</td></tr>
<tr><td>По кратности применения БЛА
БАС с одноразовым БЛА
БАС с многоразовым БЛА</td></tr>
<tr><td>По способу старта БЛА
БАС с БЛА безаэродромного старта
БАС с БЛА аэродромного старта</td></tr>
<tr><td>По способу посадки БЛА
БАС с посадкой БЛА по самолетному
БАС с точечной посадкой БЛА</td><td>По продолжительности полета БЛА
БАС с БЛА малой продолжительности полета ($t_п$ < 1 ч);
БАС с БЛА средней продолжительности полета (1 ч < $t_п$ < 6 ч)
БАС с БЛА большой продолжительности полета ($t_п$ > 6 ч)</td></tr>
<tr><td colspan="2">По взлетной массе БЛА, кг
БАС с микро БЛА ($M_O < 1,0$)
БАС с малым БЛА ($1,0 < M_O \le 100,0$)
БАС с легкими БЛА ($100,0 < M_O \le 500,0$)
БАС со средними БЛА ($500,0 < M_O \le 5000,0$)
БАС с тяжелыми БЛА ($5000,0 < M_O \le 15000,0$)
БАС со сверхтяжелыми БЛА ($M_O > 15000,0$)</td></tr>
</table>

Как показывает анализ, разработанные за рубежом беспилотные летательные аппараты решают в основном разведывательные задачи. Однако в последнее время разрабатываются и испытываются боевые БПЛА (ББЛА), на которые в соответствии с современными военными конфликтами будут возлагаться функции первой «ударной волны», направленной на уничтожение средств противовоздушной обороны и наиболее важных целей вероятного противника. В настоящее время основным соперником США в этой области выступает только Израиль.

Летом 1993 года Объединенный комитет начальников штабов вооруженных сил США выдал запрос на срочную разработку разведывательного БЛА для выполнения заданий в воздушном пространстве Боснии и Сербии в рамках миротворческих сил ООН. Было принято решение о применении для этих целей БПЛА «GNAT 750». В 1995 году над территорией Боснии началось боевое использование БПЛА «Predator».

Управление полетом БПЛА с земли на расстояние до 750 км осуществляют оператор-пилот и оператор системы наблюдения с установленной в прицепе (трейлере) наземной станции. В состав комплекса - минимальной боевой единицы - входят 4 БПЛА, станция управления и связное оборудование. Команда обслуживания - 55 человек. Стоимость БПЛА составляет около 2 млн. долларов.

Один комплекс стоит 25 млн. долларов (примерно столько же стоит один истребитель F-15C). ВВС США закупили 15 комплексов (60 БПЛА).

В боевую нагрузку БПЛА «Predator» обычно входит турельная установка, на которой установлены цветная телевизионная камера с переменным фокусным расстоянием и широким полем обзора, камера для получения крупным планом изображений небольших участков местности и инфракрасный датчик. Оптическая аппаратура позволяет идентифицировать цель и следить за ней с расстояния 6-8 км. Альтернативный вариант полезной нагрузки может быть представлен РЛС с синтезированной апертурой. «Predator» оснащен аппаратурой СНС GPS, что позволяет знать его местоположение с точностью до 20 м.

В период проведения операции «Объединенная сила» в Югославии на «Predator» установили лазерный целеуказатель. Это позволило БПЛА, находящемуся ниже облаков, обеспечить лазерную подсветку целей, по которым самолетами могут применяться авиационные бомбы с лазерной системой наведения. Лазерная подсветка позволяет также указывать пилотам цели для визуального обнаружения. Она может быть использована и при проведении поисково-спасательных и специальных операций, при выброске воздушного десанта и обозначения районов посадки.

В 2000 году на БПЛА установили противотанковые управляемые ракеты (ПТУР) AGM-114 «Hellfire» с лазерным полуактивным наведением. Масса такой ракеты 45 кг, длина 1,6 м. На удалении около 8 км от цели осуществляется наведение луча бортовой лазерной установки на наземный объект. Когда «Predator» находится на расстоянии 5,5 км от цели и на высоте 500 м, производится пуск ПТУР.

В состав вооружения БПЛА MQ-9 «Predator-B» могут входить управляемые ракеты AGM-114 «Hellfire», ракеты класса «воздух - воздух» «Stinger», корректируемые авиабомбы и малоразмерные крылатые ракеты «LOCASS».

Фирма GA-ASI предложила на основе БПЛА MQ-9 «Predator-B» разработать специальный разведывательно-ударный аппарат «Predator-C». В рамках этого предложения фирма в апреле 2004 года провела испытания по сбросу с БПЛА «Predator-B» двух КАБ GBU-12 «Paveway-2» GBU-12 калибром 227 кг с лазерным наведением и сообщила, что обе бомбы поразили неподвижные наземные цели. БПЛА способен

также нести бомбы GBU-12 и EGBU-12, а также 230 килограмовые корректируемые бомбы GBU-38 JDAM (Joint Direct Attack Munition). На MQ-9 установлен радиолокатор с синтезированной апертурой *General Atomics Lynx SAR* (Synthetic Aperture Radar).

Разработан также морской вариант «Predator» («Predator» B-ER /Extended Range/), получивший название «Altair». После его испытаний командование ВМС решило приобрести первую партию таких БПЛА, присвоив им название «Mariner». Отличительным признаком «Mariner» является каплевидный подфюзеляжный обтекатель морской РЛС «SeaVu» кругового обзора с синтезированной апертурой и дополнительный топливный бак (рассчитанный на 910 кг топлива) над центропланом крыла.

БПЛА давно и прочно вошли в военную практику, однако в афганской кампании они начали применяться особенно активно. К началу войны в Афганистане «Predator» был единственным американским разведывательным БПЛА, способным как получать видеоинформацию в любое время суток в любых погодных условиях и районах земного шара, так и передавать ее на наземные станции в близком к реальному масштабе времени.

Во время войны в Афганистане в 2001 году ВВС США испытали новую тактику использования беспилотных летательных аппаратов. БПЛА RQ-1 «Predator» передавали сведения о цели («картинку») не в пункты управления и штабы, а непосредственно экипажам боевых самолетов и вертолетов. Другой особенностью было использование этого же типа БПЛА для ударов по базам террористов ракетами. Суть его боевого применения заключалась в следующем: беспилотный самолет незаметно облетал заданный район (поле боя), выбирал цель и пускал по ней ракеты «Hellfire».

Необходимо отметить, что во время уличных боев в Ираке в 2003 году, американские военнослужащие спецподразделения «Delta Force» одевали каски, которые имели компьютерные устройства «Rove». Эти устройства позволяли получать изображения местности, над которой перемещались БПЛА «Dragon Eye». При помощи электронного карандаша спецназовцы отмечали месторасположение противника, передавали координаты на БПЛА «Predator», который наносил удары по выявленным целям.

Всего, по опубликованным Пентагоном данным, в Ираке было задействовано около 50 американских БПЛА десяти типов. Одни только «беспилотники» RQ-1 «Predator» атаковали и уничтожили около 12 наземных целей (батареи ПВО, ракетные пусковые установки, позиции РЛС, спутниковые антенны иракского телевидения).

Перспективный состав носителей ВТО. Основу ударной мощи ВВС США в настоящее время составляют стратегические бомбардировщики B-52H, B-1B и B-2. До начала 1990-х годов стратегические бомбардировщики могли применять лишь ядерное оружие и гравитационные бомбы. Осуществление принятых программ модернизации бомбардировщиков позволило в последнее десятилетие вооружить их высокоточными УАБ, УР и КРВБ с наведением от КРНС GPS. В настоящее время в составе ВВС США насчитывается 94 самолета B-52H, 93 самолета B-1B и 21 самолет B-2. В 2001 году количество B-52H будет уменьшено до 76, а в дальнейшей перспективе поддерживаться на уровне 71 единиц. Ведутся НИР по созданию следующего поколения самолетов этого типа, принятие на вооружение которого планируется не ранее 2030 г. Все стратегические бомбардировщики американских ВВС базируются на территории США. Однако в период военных конфликтов могут быть задействованы и аэродромы союзников США по НАТО. В частности, самолеты B-52H и B-1B, принимавшие участие в военной операции НАТО против Югославии весной 1999 года, базировались на территории Великобритании (Fairford).

К тактическим истребителям ВВС США, преимущественно ориентированным для нанесения ударов по наземным объектам, относятся F-15E, F-16C/D, F-117 и F-111. Они значительно уступают стратегическим бомбардировщикам как в радиусе действия, так и в максимальной загрузке. F-15E являются сравнительно новым типом истребителей (первый вылет состоялся в 1987 году). Производство F-15E продолжалось вплоть до 1999 года. На вооружении ВВС США сейчас находится более 200 самолетов этого типа. Часть F-15E базируется на территории Великобритании (Lakenheath).

Истребители F-16C/D состоят на вооружении ВВС США и ряда стран НАТО. Количественный состав в ВВС США составляет более 1200 боевых машин, причем самолеты это типа продолжают производиться в небольшом количестве. Часть F-16C/D ВВС США базируется на территории Германии (Ramstein), Италии (Aviano) и Турции (Incirlik). Более 170 истребителей F-16C/D находится в составе ВВС Турции.

Истребитель F-117A выполнен по технологии «Стелс» и специально предназначен для скрытного нанесения ударов. В настоящее время в составе ВВС США находится 53 истребителя этого типа. Самолеты базируются в США, но неоднократно развертывались на территории Европы для участия в боевых операциях.

ВВС США разработали истребитель пятого поколения, которыми стали F-22 и JSF (*Joint Strike Fighter*) F-35. Истребитель F-22 обладает большей скрытностью и маневренностью по сравнению с F-15. Всего в ближайшем десятилетии планируется закупить 333 боевых самолета. В эксплуатацию истребитель JSF в ВВС США введён в 2008 году. Самолеты JSF должны в перспективе заменить F-16.

ВМС США могут нанести обычные высокоточные удары вглубь территории противника с помощью авиации палубного базирования, а также крылатых ракет большой дальности, которыми вооружены надводные корабли и подводные лодки.

В настоящее время в боевом составе ВМС США находится 12 авианосцев, и к 2010 году предполагается сохранить это количество. К этому времени на замену обычных будут построены еще 2 атомных авианосца. Ударную функцию палубной авиации осуществляют истребители типа F/A-18C/D (Hornet), причем в составе авиакрыла на борту авианосца обычно находится до 30-40 самолетов этого типа. В ближайшее десятилетие планируется ввести в строй более современные истребители F/A-18 E/F (Super Hornet), которые обладают лучшими характеристиками по боевой загрузке и радиусу действия. Истребители F/A-18 E/F.

Опыт военных конфликтов в мире за последние два десятилетия показывает, что для поражения критически важных объектов для национальной безопасности страны, в первую очередь будет использоваться авиация при проведении воздушно-наступательных операций. Кроме этого, могут быть привлечены корабли и подводные лодки, оснащенные крылатыми ракетами. В ходе этих операций и действий будут массировано применяться современные обычные средства поражения, в том числе и ВТО. Такое воздействие вызовет не только массовое разрушение объектов экономики и нарушение функционирования энергетики, транспортной инфраструктуры, коммунально-эксплуатационных систем крупных промышленных городов, систем управления различного уровня, массовое поражение людей, панику и хаос на территориях муниципальных образований, но и возникновение вторичных факторов поражения, вызванных нарушением состояния потенциально опасных объектов.

Результаты и эффективность применения ВТО в войнах за последние 20 лет приведены в таблице 2.5.

Наибольшие потери от возникновения вторичных факторов возникнут при разрушении многочисленных химически опасных объектов, ядерных (в основном энергетические блоки АЭС), а также различных гидросооружений, вызывающих затопление больших территорий.

Все это потребует огромных сил и средств для защиты населения и территорий, обеспечение жизнедеятельности населения, восстановления систем энергетики и многие другие работы.

Характерной особенностью обстановки в районах воздействия ВТО будет наличие большого количества пожаров, сопровождающихся задымлением воздушного пространства.

Таблица 2.5.

Результаты применения ВТО в войнах и вооруженных конфликтах

Страна, подвергшаяся ударам ВТО	Применено ВТО по ОЭ (всего)	Поражено объектов экономики
Ирак 1991	291 КР	640
Ирак 1998	410 КР	360
Югославия 1999	1500 КР	995
Ирак 2003	1000 КР	Ок.200

2.2.2. Взгляды военно-политического руководства США и РФ на характер и способы применения высокоточного оружия[17]

Сегодня изменяются взгляды на характер и способы ведения вооруженной борьбы. Военно-политическое руководство Российской Федерации считает, что вероятный противник для достижения политических целей будет применять новые формы и способы ведения вооруженной борьбы:

начало военных действий группировками войск (сил) мирного времени;

высокоманевренные бесконтактные боевые действия межвидовых группировок войск;

снижение военно-экономического потенциала государства поражением критически важных объектов его военной и гражданской инфраструктуры в короткие сроки;

массированное применение ВТО, широкомасштабное использование сил специальных операций, а также роботизированных комплексов и оружия на новых физических принципах, участие в боевых действиях военно-гражданского компонента;

одновременное воздействие на войска и объекты противника на всю глубину его территории;

вооруженная борьба одновременно во всех физических сферах и информационном пространстве;

применение ассиметричных и непрямых действий;

управление силами и средствами в едином информационном пространстве.

Политика руководства США свидетельствует, что взят курс на сокращение ядерного фактора в мировом балансе сил и массовое оснащение войск и сил высокоточными средствами поражения, о которых Президент США заявляет, как ответ на

[17] Кубиков Н.Н. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

нападение, в том числе и на их союзников «разрушительным ударом обычными вооружениями».

В 2003 году Президентом США подписана директива о концепции «Быстрого (молниеносного) глобального удара» (БГУ). Суть концепции БГУ заключается во внезапном нанесении удара несколькими тысячами крылатых ракет по объектам СЯС противника, важнейшим элементам систем управления, объектам экономики и инфраструктуры, после чего предъявляется ультиматум о капитуляции. Если страна – объект удара не соглашается, нанесение удара повторяется.

Концепция БГУ **–** концепция, предполагающая возможность нанесения США удара высокоточными наступательными вооружениями в неядерном оснащении в срок до 60 минут по целям в любой точке земного шара. Реализация концепции БГУ направлена на достижение Вашингтоном глобального военного доминирования неядерными средствами.

В современных программных документах министерства обороны США развитию ВТО, соответствующих обеспечивающих информационных технологий и инфраструктуры отводится ключевая роль**.** Для обоснования эффективности концепции БГУ была проведена компьютерная игра в виде учения, на котором просчитывалось количество авиационных ударов и боеприпасов ВТО для достижения победы.

Разбор учений по отработке концепции так называемого быстрого глобального удара показал, что в результате поражение важнейших военных, политических и экономических объектов противника с использованием существующих и перспективных образцов высокоточного оружия. удара по достаточно крупной и высокоразвитой стране с расходом 3500–4000 единиц обычного ВТО в течение шести часов она понесет неприемлемое разрушение всей инфраструктуры и лишится способности сопротивляться.

В соответствии с этой концепцией в случае возникновения угрозы нападения на Соединенные Штаты или американские объекты и граждан за рубежом вооруженные силы США должны быть способны в течение 60 минут нанести удар высокой мощности и точности по любой точке земного шара с целью нейтрализации таких действий.

Уже в августе 2009 года в США было сформировано и приступило к работе Глобальное ударное командование Военно-воздушных сил США, выделены силы и средства, начаты разработки новейших, прежде всего высокоточных средств поражения.

Было выделено и**з** состава морских ядерных сил четыре атомные подводных лодок типа «Огайо», на каждой из которых вместо 24 БРПЛ установлены по 158 крылатых ракет «Томагавк». Также была переоснащена АПЛ класса «Вирджиния». Переоснащаются и закладываются несколько надводных кораблей – носителей сотен крылатых ракет.

Состоящие на вооружении американских ВМС КРМБ, имея дальность стрельбы 1600–2400 километров, обеспечивают поражение цели боевой частью 340–450 килограммов при точности попадания, характеризуемой КВО пять – десять метров. Эти ракеты могут применяться со всех современных кораблей и подводных лодок США. Всего потенциально на кораблях ВМС США может быть размещено до 4000 и на подводных лодках – до 1000 КРМБ

Однако реально, учитывая степень оперативной готовности, максимально с кораблей и подводных лодок ВМС США в состоянии применить не более 3000 КРМБ.

Помимо этого, крылатыми ракетами большой дальности оснащены американские стратегические бомбардировщики. В настоящее время в боевом составе ВВС

США насчитывается около 130 подобных самолетов, в том числе порядка 60 Б-52Н, 50 В-1В и 16 В-2А. На хранении имеется еще около 80 самолетов. Из них носителями крылатых ракет воздушного базирования являются самолеты В-52Н, способные нести до 20 КРВБ при максимальной загрузке. Всего группировка стратегической авиации США может использовать за вылет около 1200 КРВБ. Итого все носители крылатых ракет способны применить в одном ударе до 4200 ракет.

Это достаточно внушительные силы и при отсутствии эффективного противодействия они способны уничтожить или вывести из строя уже в первом ударе до 1000 важных объектов на российской или китайской территории.

Сегодня Соединенные Штаты осуществляют переоборудование ряда ПЛАРБ в носители крылатых ракет и продолжают совершенствовать состоящие на вооружении, и создание новые образцы высокоточного оружия различных классов. Превосходство Соединенных Штатов в этой сфере вооружения неоспоримо. Так, например, крылатые ракеты «Томагавк» модифицируются расширяя свои возможности по перенацеливанию в полете. Причем ракета способна в ожидании приказа на атаку барражировать в указанном районе, что резко повышает возможности этой системы вооружения.

Осуществляется объединение возможностей перспективных систем ВТО и новейших средств информационно-разведывательного обеспечения его применения, что повысит эффективность применения ВТО за счет обеспечения высокой точности целеуказания и оперативности доведения данных до носителей высокоточного оружия.

В качестве основных направлений развития ВТО определены девять следующих:

существенное улучшение точности стрельбы (КВО – не хуже 1-3 м) благодаря совершенствованию систем управления, применению перспективных устройств самонаведения, в том числе многоканальных, а также обеспечению сетевого взаимодействия средств поражения с носителями, внешними разведывательными системами различного базирования и командными пунктами;

оборудование управляемого оружия, главным образом крылатых и управляемых ракет различной дальности и автономных боеприпасов, бортовой аппаратурой перспективных систем обмена информацией и связи, обеспечивающей одновременное применение до 1000 единиц управляемого оружия;

сокращение времени реакции применения средств поражения за счет увеличения скорости их полета (до сверх- или гиперзвуковой), а также уменьшения времени подготовки полетных заданий;

повышение боевой устойчивости средств поражения благодаря расширению диапазонов высот и скоростей их боевого применения, значительно превышающих области поражения современных средств перехвата, а также обеспечению возможности маневрирования по высоте, скорости и направлению полета;

радикальное повышение помехоустойчивости бортовой аппаратуры систем управления и наведения, надежности обнаружения, достоверности распознавания и классификации целей в сложной помеховой обстановке и метеоусловиях;

обеспечение возможности перенацелевания, изменения полетного задания и ведения разведки по маршруту полета, а также оценки нанесенного противнику ущерба;

обеспечение избирательного воздействия поражающих факторов оружия на наиболее уязвимые или важные области цели;

значительное повышение скрытности применения средств поражения путем снижения уровня демаскирующих признаков;

существенное снижение закупочной стоимости перспективных образцов оружия благодаря широкому применению современных технологий автоматизации производственных процессов.

Для обеспечения избирательного поражения малоразмерных стационарных и мобильных целей, в том числе расположенных в населенных пунктах, американские фирмы разрабатывают новые малогабаритные высокоточные управляемые авиационные бомбы серии «Сдб».

Уже отработанным образцом малогабаритных УАБ серии «Сдб» является УАБ GBU-39/B (разработана фирмой «Боинг» в рамках первого этапа программы «Сдб» – «Инкремент 1»). Эта УАБ калибра 285 фунтов (общая масса – 120 кг, масса взрывного вещества – 25 кг) предназначена для поражения стационарных наземных целей на дальности до 100 км. Она выполнена как унитарный боеприпас, оснащенный крылом и аэродинамическими рулями. Основу ее бортовой аппаратуры составляет инерциальная система управления с коррекцией по данным КРНС «Навстар», что обеспечивает точность наведения (КВО) не хуже 3 м.

Еще одним направлением в области создания принципиально новых дальнобойных ударных систем является разработка стратегического ударного авиационно-космического комплекса по программе FALCON (*Force Application and Launch from the Continental US*). Данный комплекс, в состав которого войдут гиперзвуковой летательный аппарат и универсальное средство доставки перспективного управляемого вооружения класса «воздух-земля», предназначен для уничтожения при действии с континентальной части США наземных и надводных целей в любой точке Земного шара.

Этот ГЛА выполнен по схеме «волнолет», его расчетная крейсерская скорость полета соответствует числам М>10 на высоте 40 км, боевой радиус действия – 16600 км, масса боевой нагрузки – до 5400 кг, время реакции (от взлета до нанесения удара по цели) – менее 2 часов. Базирование ГЛА предполагается на аэродромах с взлетно-посадочной полосой длиной не менее 3000 м.

По сравнению с существующими стратегическими бомбардировщиками показатели боевой эффективности такого ударного ГЛА оценивается в 10 раз выше, несмотря на двукратное увеличение затрат на эксплуатацию и обслуживание, что вызвано техническими трудностями производства, хранения и заправки водородного топлива.

Разрабатывается проект создания неядерной ракеты на основе двухступенчатого варианта БРПЛ «Трайдент-2». Конструкция двухступенчатого варианта БРПЛ «Трайдент-2» позволяет использовать пространство, высвобождаемое под обтекателем ракеты вследствие удаления третьей ступени и двигательной установки системы разведения ядерных боевых блоков, для размещения одного из трех возможных типов обычного боевого оснащения:

управляемой проникающей боеголовки массой 750 кг (расчетная дальность стрельбы до 9000 км);

управляемой боеголовки с тяжелым проникателем массой 1500 кг (расчетная дальность стрельбы до 7500 км);

четырех управляемых боеголовок, каждая из которых в корпусе баллистической ядерной боеголовки Мк4 с хвостовой юбкой (расчетная дальность стрельбы до 9000 км).

Вместе с тем Министерство ВМС США проявляет повышенную заинтересованность в создании неядерной баллистической ракеты морского базирования средней дальности. В соответствии с требованиями ВМС такая ракета должна быть двух- или

трехступенчатой, иметь дальность стрельбы около 4500 км, оснащаться отделяемой управляемой головной частью или несколькими управляемыми боеголовками и обеспечивать поражение критичных по времени целей через 15 минут после пуска. Диаметр корпуса не должен превышать 1 м, а длина ракеты в целом – 11 м. (Эти требования по габаритам обусловлены тем, чтобы создаваемая ракета могла размещаться в пусковых установках существующих подводных лодок.) Созданный конструктивно-технологический задел позволяет ускоренно разработать ракету с дальностью 4500 км.

В отношении создания МБР в неядерном оснащении следует указать, что эти работы находятся в начальной стадии.

Проведенный анализ планов и практических мероприятий по развитию американских высокоточных ударных систем свидетельствует о том, что наращивание количественного и качественного состава ВТО рассматривается Вашингтоном как важнейший фактор обеспечения реализации своих военно-политических интересов в любом регионе мира и достижения превосходства в военных действиях различного масштаба.

Наиболее вероятными целями для ВТО, судя по опыту войн и данным зарубежной печати, могут являться в первую очередь следующие объекты экономики и инфраструктуры:

пункты управления высшего государственного и регионального звеньев, узлы связи и отдельные наиболее важные радио- и радиорелейные станции, коммутационные центры;

электростанции (АЭС, ГЭС, ГРЭС) и узловые подстанции, обеспечивающие электроэнергией промышленные узлы, химические центры, промышленные предприятия;

узлы транспортных коммуникации (крупные железнодорожные узлы, мосты, аэропорты, морские порты);

предприятия по переработке нефти, газа, производству нефтепродуктов, газо- и нефтепроводы, газо- и нефтеперекачивающие станции, газо- и нефтехранилища;

предприятия по производству вооружения, военной техники, радиоэлектронной аппаратуры;

машиностроительные предприятия;

предприятия черной и цветной металлургии по производству чугуна, стали, проката, алюминия, меди, свинца, цинка, титана, магния и др.

В связи с этим силы и средства гражданской обороны должны готовиться к надежной защите населения, объектов экономики и территории страны от поражения обычным ВТО.

Американские ВВС и ВМС перевооружились на ВТО второго поколения, которое возможно применять без вхождения носителей в зону поражения средств ПВО обороняющейся стороны. Это также подтверждает то, что США и Великобритания продолжают испытывать в боевых условиях новые виды управляемого оружия.

Организуя защиту объектов экономики и инфраструктуры от воздействия обычного ВТО следует учитывать его боевые возможности, особенности и уязвимые элементы. К основным относятся:

наличие систем наведения на цели, чувствительных к воздействию средств радиоэлектронного подавления;

повышенная по сравнению с традиционным оружием потребность в информации о целях, своем местонахождении, местности и состоянии атмосферы;

малая заметность;

способность совершать полеты на малых высотах с огибанием рельефа местности и в обход зон поражения огневых средств систем ПВО, высокая точность поражения объектов.

В системе ГО защита объектов экономики и инфраструктуры от ВТО может быть достигнута проведением комплекса мер по предупреждению, предотвращению и ослаблению его поражающих воздействий при нанесении ударов по жизненно важным (критическим) элементам защищаемых объектов с целью снизить ущерб, сохранить способность предприятий производить продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, уменьшить вероятность возникновения вторичных поражающих факторов.

Необходимо отметить, что доставка высокоточного оружия к объектам экономики будет осуществляться самолетами как стратегической, так и тактической авиации, а также стратегическими крылатыми ракетами наземного и морского базирования. Высокоточные боеприпасы будут оборудоваться несколькими различными системами наведения, основными из которых будут являться:

полуактивные лазерные системы наведения (прицеливания);

телевизионные (тепловизионные) системы наведения (прицеливания);

телевизионные (тепловизионные) командные системы наведения (прицеливания);

радиолокационные полуактивные и активные.

Высокоточные боеприпасы, оборудованные всеми вышеназванными системами прицеливания являются в равной степени опасными для объектов экономики.

Воздействие на производственные объекты и персонал боевыми частями ВТО может оцениваться по нескольким показателям. Наиболее важными из них являются: степень поражения объектов, персонала и населения ударной волной взрыва боевой части, а также вторичные последствия (пожары, огневые штормы, загрязнение, заражение местности, воздушной среды, акватории).

Эффективную защиту объектов экономики от разведки и поражения ВТО можно обеспечить проведением комплекса мероприятий с привлечением разнородных сил и средств объединений ПВО, частей и подразделений РЭБ, инженерных войск, войск РХБЗ Министерства обороны, Гражданской обороны и противопожарной службы МЧС России.

Таким образом, сохранение важнейших объектов может быть достигнуто с привлечением основных структур и ведомств различных форм собственности, которым принадлежат эти объекты. В пределах защищаемой зоны могут находиться объекты различных ведомств. Для обеспечения эффективной их защиты нужны согласованные, увязанные по месту и времени защитные мероприятия, проводимые этими ведомствами. Либо должен быть назначен ответственный орган, организующий эту задачу своим решением. Поэтому для разрешения этой проблемы необходимо, чтобы разрабатываемые меры и действия регламентировались соответствующими законами и нормативами, обеспечивающими заблаговременную подготовку объектов экономики к защите от обычного ВТО.

Как показывает опыт ведения боевых действий в Афганистане, Чечне, операций «Буря в пустыне», «Лиса в пустыне», «Решительная сила» противник будет всячески стремиться воздействовать на экономику и инфраструктуру обороняющихся с целью лишить их своевременного и качественного обеспечения вооруженных сил и, соответственно, разрешить конфликт военными средствами уже на начальном этапе.

При возможном развязывании военных действий агрессором и с учетом вероятного воздействия его высокоточного оружия по объектам экономики страны в глубо-

ком тылу в условиях недостаточной эффективности прикрытия их средствами ПВО существенное значение будут иметь не только активные, но и другие способы защиты от ВТО, а также своевременные организационные меры по защите объектов. В частности, частично эта задача может быть выполнена силами Гражданской обороны России.

Основной целью защиты объектов экономики от поражения противником является обеспечение их функциональной устойчивости при подготовке и в ходе военных действий за счет повышения живучести как отдельных структурных элементов, так и объектов экономики в целом. Задачи защиты объектов экономики должны решаться путем проведения комплекса согласованных мероприятий и действий по дезорганизации и дезориентации систем разведки и управления оружием разнородными силами и средствами с учетом особенностей защищаемых объектов.

2.3. Возможная обстановка при применении противником современных средств поражения

2.3.1. Возможная радиационная обстановка в очагах поражения[18]

Прогнозирование возможной радиационной обстановки проводится с целью определения масштабов и характера радиоактивного загрязнения местности, разработки и осуществления мер, исключающих или уменьшающих потери от радиоактивного заражения.

Результаты прогнозирования являются ориентировочными и служат исходными данными для организации радиационной разведки, защиты населения и сельскохозяйственных животных и растений, использования транспортных магистралей в условиях заражения и т. д.

Радиационная обстановка, складывающаяся в результате применения противником ядерного оружия, оценивается по данным прогнозирования, радиационной разведки и контроля. При оценке радиационной обстановки определяются зоны радиоактивного загрязнения местности, рассчитываются дозы облучения, которые может получить население за время пребывания в зонах загрязнения и при их преодолении, определяются время начала работы и количество смен для проведения АСДНР в очаге поражения, а также режимы работы объектов экономики и режимы радиационной защиты населения. В результате оценки радиационной обстановки уточняются способы действий сил ГО в очагах поражения, намечаются мероприятия по их защите.

Сведения о радиационной обстановке в последующем уточняются по данным воздушной, наземной, речной (морской) разведки и учреждений сети наблюдения и лабораторного контроля.

В случае возникновения очагов поражения в результате применения противником нейтронных боеприпасов характер потерь будет иметь свои особенности. Главная из них — относительно более высокий процент радиационных потерь, поскольку основным поражающим фактором взрыва нейтронных боеприпасов является проникающая радиация.

В пределах зоны умеренного загрязнения (зона А) в течение первых суток после ее образования открыто расположенные люди могут получить дозы облучения, приводящие к потере трудоспособности. Однако при действиях в этой зоне на автомобилях, а также при нахождении в окопах, траншеях, зданиях люди, как правило, не получают доз облучения, приводящих к потере трудоспособности. АСДНР в зоне А,

[18] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

при продолжительности работы одной смены 2 часа, на внешней границе можно начинать немедленно, а на внутренней - через 4 часа после взрыва.

В зоне сильного радиоактивного загрязнения (зона Б) опасность радиационных поражений значительно больше. Население в течение первых суток после выпадения радиоактивных веществ может получить дозу облучения на открытой местности от 200 до 600 рад и в этой зоне в течение первых 12 часов после выпадения радиоактивных веществ личный состав формирований (население) может выйти из строя. Защита населения, рабочих и служащих обеспечивается соблюдением режимов радиационной защиты общей продолжительностью от 2 до 19 суток. АСДНР в этой зоне можно начинать через 4-11 часов после взрыва.

В зоне опасного радиоактивного загрязнения (зона В) тяжелые радиационные поражения открыто расположенного личного состава (населения) возможны даже при кратковременном пребывании, особенно в первые сутки после взрыва. Так, в середине зоны В люди, располагающиеся на открытой местности, за первые сутки могут получить дозу 900 рад. Радиационные потери в этой зоне исключаются только при строгом выполнении населением, рабочими и служащими режимов радиационной защиты в течение от 4 до 60 суток, а АСДНР можно начинать через 11-30 часов после взрыва.

На внешней границе зоны чрезвычайно опасного радиоактивного загрязнения (зона Г) мощность дозы облучения через 1 ч после взрыва может составить 800 рад/ч, а в середине зоны доза облучения может достичь до 10 000 рад. На внешней границе зоны Г люди, располагающиеся на открытой местности, за первые сутки могут получить дозу облучения около 1300 рад, приводящую к смертельному исходу.

Поведение и действие населения в очаге ядерного поражения во многом зависят от того, где оно находилось в момент ядерного взрыва: в убежищах (укрытиях) или вне их.

Убежища (укрытия) являются эффективным средством защиты от всех поражающих факторов ядерного оружия, в т. ч. И от радиоактивного загрязнения местности. Следует только тщательно соблюдать правила пребывания в них, строго выполнять требования комендантов (старших) и других лиц, ответственных за поддержание порядка в защитных сооружениях. Средства индивидуальной защиты органов дыхания при нахождении в убежищах (укрытиях) необходимо постоянно иметь в готовности к немедленному использованию.

Обычно длительность пребывания людей в убежищах (укрытиях) зависит от степени радиоактивного загрязнения местности, где расположены защитные сооружения. Если убежище (укрытие) находится в зоне загрязнения с мощностями доз облучения на 1 ч после ядерного взрыва от 8 до 80 рад/ч, то время пребывания в нем укрываемых людей составит от нескольких часов до одних суток; в зоне загрязнения с мощностями доз облучения от 80 до 240 рад/ч нахождение людей в защитном сооружении увеличивается до 3 суток; в зоне загрязнения с мощностями доз облучения 240 рад/ч и выше это время составит 3 суток и более.

По истечении указанных сроков из убежищ (укрытий) можно перейти в жилые помещения. В течение последующих 1-4 суток (в зависимости от мощностей доз облучения в зонах загрязнения) из таких помещений можно периодически выходить наружу, но не более чем на 3-4 ч в сутки. В условиях сухой и ветреной погоды, когда возможно пылеобразование, при выходе из помещений следует использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания. Это в свою очередь обусловливает необходимость

иметь запасы продуктов питания (не менее чем на 4 суток), питьевой воды (из расчета 3 л на человека в сутки), а также предметы первой необходимости и медикаменты.

В целях уменьшения возможности поражения радиоактивными веществами па территории очага поражения (в зонах загрязнения) запрещается принимать пищу, пить и курить.

Прием пищи вне убежищ (укрытий) разрешается на местности с мощностями доз излучения не более 5 рад/ч. Если на местности более высокие мощности доз излучения, то прием пищи должен производиться в укрытиях или на дезактивированных участках местности. Приготовление пищи должно вестись на незагрязненной местности или, в крайнем случае, на местности, где мощности доз излучения не превышают 1 рад/ч.

Направление движения из очага поражения следует выбирать с учетом знаков ограждения — в сторону снижения мощностей доз излучения. Двигаясь по загрязненной территории, надо стараться не поднимать пыли, в дождливую погоду обходить лужи и стремиться не поднимать брызг.

В населенных пунктах большую опасность для людей будут представлять пожары, вызванные световым излучением ядерного взрыва, вторичными факторами после взрывов, а также в результате применения противником зажигательных веществ. Нужно уметь вести борьбу с пожарами, правильно действовать при тушении их, чтобы не получить поражений.

После выхода из очага ядерного поражения (зоны радиоактивного загрязнения) необходимо как можно быстрее провести частичную дезактивацию и санитарную обработку, т. е. удалить радиоактивную пыль: при дезактивации — с одежды, обуви, средств индивидуальной защиты, при санитарной обработке — с открытых участков тела и слизистых оболочек глаз, носа и рта.

2.3.2. Возможная химическая обстановка в очагах поражения[19]

В зависимости от масштаба применения противником химического оружия или разрушения (аварии) химически опасных объектов в зоне заражения могут быть один или несколько очагов химического поражения (ОХП).

Исходными данными для прогнозирования обстановки в очагах химического поражения являются: средства, способы и районы применения противником химического оружия; типы примененных ОВ (или разлившихся АХОВ); время применения химического оружия и метеорологические данные в приземном слое воздуха.

Прогнозируя обстановку в возникших очагах химического поражения, необходимо определить размеры районов и глубину распространения зараженного воздуха, стойкость ОВ и оценить возможные потери населения.

Глубина распространения паров от района применения ОВ типа зарин для открытой местности в летних условиях может достичь: при конвекции — 8 км, при инверсии и изотермии — 60 км, для ОВ типа VX — до 3 и 20 км соответственно. Глубина распространения паров ОВ зимой в три раза меньше. Глубина распространения воздуха, зараженного АХОВ, зависит от типа, количества вылившегося ядовитого вещества и метеоусловий. Так, при разрушении емкости, содержащей 25 т хлора или фосгена, при инверсии глубина распространения зараженного воздуха может достигать 30 км, при конвекции лишь — 2 км.

[19] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

Отравляющие вещества на местности обладают определенной стойкостью, т. е. они сохраняют свою поражающую способность. При температуре почвы около 0°С стойкость ОВ по парам на слабо пересеченной местности при скорости ветра 3-5 м/с составляет: для зарина — до 32 ч, для иприта — до 72 ч, для ОВ типа VX — до 22 суток; при температуре почвы 20° С: для зарина — до 8 ч, для иприта — до 18 ч и для ОВ типа VX — до 5 суток.

Все открытые источники воды в районе применения химического оружия и на пути распространения облака с парами ОВ заражаются до опасных концентраций независимо от типов ОВ. Заражение непроточных источников воды ипритом и зарином сохраняется в течение нескольких суток, а при заражении ОВ типа VX — до нескольких недель.

Зараженность воды ОВ в реках быстро уменьшается и через 1 ч после применения химического оружия практически не превышает допустимых величин (для зарина — 0,0012 мг/л, для ОВ типа VX — 0,00012 мг/л, для иприта — 0,005 мг/л).

Важно определить возможные потери личного состава спасательных воинских формирований и населения в районе применения противником ОВ. При этом величина потерь зависит от степени достижения внезапности химического нападения, способа применения, количества боеприпасов, типа ОВ, метеорологической обстановки, условий местности, а также от наличия и своевременности использования средств защиты и различных укрытий.

При обнаружении признаков применения отравляющих веществ или по сигналу «Химическая тревога» следует надеть противогаз, а при необходимости и средства защиты кожи; если поблизости есть убежище — укрыться в нем. При входе в убежище необходимо снять средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре - это исключает занос ОВ в убежище. Противогаз снимается после входа в убежище.

При пользовании укрытием (подвалом, перекрытой щелью и т. д.) не следует забывать, что оно может служить защитой от попадания на кожные покровы и одежду капельножидких ОВ, но не защищает от паров или аэрозолей отравляющих веществ, находящихся в воздухе. При нахождении в таких укрытиях в условиях наружного заражения обязательно надо пользоваться противогазом.

Находиться в убежище (укрытии) следует до получения распоряжения на выход из него. Когда такое распоряжение поступит, необходимо надеть требуемые средства индивидуальной защиты (лицам, находящимся в убежищах, — противогазы и средства защиты кожи, лицам, находящимся в укрытиях и уже используемым противогазы, — средства защиты кожи) и покинуть сооружение, чтобы выйти за пределы очага поражения.

Выходить из очага химического поражения нужно по направлениям, обозначенным специальными указателями или указанным постами радиационного и химического наблюдения (милиции). Если нет ни указателей, ни постов, то двигаться следует в сторону, перпендикулярную направлению ветра. Это обеспечит быстрейший выход из очага поражения, поскольку глубина распространения облака зараженного воздуха (она совпадает с направлением ветра) в несколько раз превышает ширину его фронта.

На зараженной отравляющими веществами территории надо двигаться быстро, но не бежать и не поднимать пыль. Нельзя прислоняться к зданиям и прикасаться к окружающим предметам (они могут быть заражены). Не следует наступать на видимые капли и мазки ОВ.

На зараженной территории запрещается снимать противогазы и другие средства защиты. В тех случаях, когда неизвестно, заражена местность или нет, лучше действовать так, как будто она заражена.

Особая осторожность должна проявляться при движении по зараженной территории через парки, сады, огороды и поля. На листьях и ветках растений могут находиться осевшие капли ОВ, при прикосновении к ним можно заразить одежду и обувь, что может привести к поражению.

По возможности следует избегать движения оврагами и лощинами, через луга и болота, в этих местах возможен длительный застой паров отравляющих веществ. В городах пары ОВ могут застаиваться в замкнутых кварталах, парках, а также в подъездах и на чердаках домов. Зараженное облако в городе распространяется на наибольшие расстояния по улицам, тоннелям, трубопроводам.

2.3.3. Возможная медицинская обстановка в очагах поражения [20]

Медицинская обстановка – это совокупность факторов, характеризующих условия деятельности медицинской службы, ее силы и средства, содержание и объем предстоящей работы, а также санитарно-эпидемиологическое состояние очагов поражения, которые могут оказывать влияние на организацию и ход медицинского обеспечения пораженного населения и сил ГО.

Основными из этих факторов являются:

вид и масштабы примененного противником оружия;

величина и структура потерь среди населения, их дислокация;

условия, в которых находятся пострадавшие в очаге поражения и прежде всего их доступность для оказания им медицинской помощи, а также время года, суток, метеорологические условия и др.;

состояние путей медицинской эвакуации, величина, масштабы и степень опасности заражения территории РВ, ОВ и БС;

имеющиеся в наличии медицинские силы и средства, их состояние и возможности;

условия для организации управления медицинскими силами и средствами.

Основным показателем медицинской обстановки в очагах поражения военного времени является величина и структура *потерь* среди населения.

Потери населения, возникающие в результате применения возможным противником современных средств поражения подразделяются на общие, санитарные и безвозвратные. *Общие потери* – это совокупные потери среди населения в очаге поражения. Они суммарно состоят из санитарных и безвозвратных потерь. *Санитарные потери* – это пораженные, нуждающиеся в оказании медицинской помощи, потерявшие трудоспособность не менее чем на сутки и поступившие на этапы медицинской эвакуации. *Безвозвратные потери* – это погибшие на месте до оказания медицинской помощи или пропавшие без вести.

При применении современных видов оружия различают изолированные, множественные, сочетанные и комбинированные поражения человека.

Изолированное поражение возникает при получении одиночного повреждения одним поражающим агентом. При одномоментном поражении одной анатомической

[20] Лобанов А.И. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

области несколькими ранящими агентами одного вида травмирующего фактора (например, осколки, пули), возникают множественные поражения.

К сочетанным поражениям относят одномоментные повреждения нескольких анатомических областей человеческого тела (груди, живота) одним травмирующим агентом.

При одновременном или последовательном воздействии на человека различных поражающих факторов возникают *комбинированные поражения* (например, термический ожог + лучевое поражение).

Наибольшее значение для организации медицинского обеспечения населения в очагах поражения военного времени имеет величина и структура *санитарных потерь*. Под структурой санитарных потерь понимается процентное отношение различных категорий, пораженных к общему числу санитарных потерь среди населения.

В целях планирования лечебно-эвакуационного обеспечения, пораженных санитарные потери подразделяются по степени тяжести на *легкие, средние и тяжелые.*

Учитывая возможность применения вероятным противником в будущих войнах широкого арсенала средств вооруженной борьбы против гражданского населения, следует учитывать возможность возникновения на территории России очагов поражения с массовыми санитарными потерями, которые будут характеризоваться сложной и разнообразной структурой с преобладанием тяжелых и комбинированных форм поражения.

Наибольшее значение имеет определение числа санитарных потерь, их структуры, места нахождения. На основании этих данных принимается решение начальника медицинской службы на организацию лечебно-эвакуационного обеспечения, позволяющее в любых условиях развязывания войны обеспечить своевременное оказание медицинской помощи всем пораженным в оптимальные для сохранения их жизни и здоровья сроки.

Медико-санитарные последствия применения обычных средств поражения

В последние годы отмечается резкое возрастание боевого потенциала развитых стран за счет количественного и качественного наращивания обычных вооружений. Резко возросли их поражающие свойства и боевая эффективность.

Как свидетельствует опыт вооруженного конфликта в районе Персидского залива (1991), боевых действий группировки сил блока НАТО против Югославии (1999), войны США против Ирака (2003), в концепции ведения современных войн странами Запада приоритетная роль в последние годы отводится применению высокоточного и обычного оружия, которое применяется в основном дистанционным методом с дальних расстояний без ведения наземных операций.

Основную роль носителя обычных средств поражения выполняет авиация как наиболее мобильный компонент всей военной машины НАТО. Самолеты могут вооружаться высокоточным управляемым оружием – ракетами класса «воздух-земля», управляемыми авиационными бомбами, обычными авиационными бомбами, фугасными, бронебойными, кумулятивными, бетонобойными, зажигательными, объемного взрыва и др.

Боеприпасы с игольчатым наполнением содержат в себе до 300 тонких стальных игл или стрел (28 мм), которые при взрыве и разлете загибаются в форме крючка и наносят ранения, приводящие к летальному исходу.

По сообщению представителя МИД Югославии, в результате нанесения ракетно-бомбовых ударов обычным оружием (в том числе и высокоточным) силами блока НАТО по территории Югославии с 24 марта по 16 апреля 1999 г. погибло около 1000

человек из числа гражданского населения этой страны. Причем соотношение потерь среди военнослужащих и гражданского населения составило соответственно 1:15.

В результате применения украинской армией обычных средств поражения (2014) в ходе военного конфликта в результате артиллерийских, минометных и ракетно-бомбовых ударов по жилым кварталам Донецка и Луганска общие потери среди мирного населения составили несколько тысяч человек.

Потери среди населения в условиях современных войн характеризуются следующими особенностями:

увеличение общей численности потерь;

возрастание числа пораженных с тяжелыми, множественными, сочетанными и комбинированным травмами;

увеличение числа пораженных с травматическим шоком.

В результате применения обычных средств поражения среди населения могут возникать механические, термические и комбинированные травмы. К механическим повреждениям относят:

огнестрельные ранения (пулевые, осколочные шариковые, стреловидными элементами, взрывные повреждения;

неогнестрельные ранения (резаные, колотые, рубленые, нанесенные тупыми предметами);

закрытая травма;

баротравма.

Для поражения гражданского населения в современных войнах могут применяться зажигательные смеси (ЗС), представляющие собой пиротехнические средства, содержащие напалм, термит или фосфор. ЗС широко применялись во время второй мировой войны, во время войны в Корее (1950–1953 гг.), во Вьетнаме (1964–1974 гг.).

Имеются свидетельства о применении украинской армией зажигательных средств против гражданского населения Донецка и Луганска в ходе вооруженного конфликта (2014).

Зажигательными смесями (ЗС) могут снаряжаться авиабомбы, мины, фугасы. Поражающее действие зажигательных смесей обусловлено термическими ожогами кожных покровов и слизистых оболочек, которые вызываются пламенем горящих ЗС и инфракрасным излучением, отравлением токсическими продуктами горения ЗС, а также тепловыми ударами вследствие значительного повышения температуры воздуха в очаге поражения.

Горящей огнесмесью могут поражаться не только кожа, но и подкожная клетчатка, мышцы и даже кости. Фосфорные ожоги могут осложняться отравлением организма при всасывании фосфора через ожоговую поверхность. Таким образом, воздействие ЗС на организм человека носит многофакторный характер, часто вызывает комбинированные поражения, приводящие к развитию шока, появление которого возможно у 30% пораженных.

К обычным видам современного оружия относят также боеприпасы объемного взрыва. Поражающими факторами боеприпасов объемного взрыва являются ударная волна, тепловое и токсическое воздействие.

Косвенное воздействие обычных средств поражения является следствием прямого воздействия на здания и сооружения ударной волны и огня. В результате могут возникать взрывы, пожары, заражение территории, атмосферного воздуха, продуктов

питания и воды АХОВ, РВ, БС. При разрушении гидротехнических сооружений возможно возникновение зон катастрофического затопления.

Возможная медицинская обстановка при применении противником оружия массового поражения

При применении *ядерного оружия* на организм человека могут воздействовать специфические поражающие факторы: ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение местности.

Воздушная ударная волна ядерного взрыва вызывает поражения людей как в результате прямого действия, так и косвенно, за счет травмирующего действия летящих обломков зданий, сооружений, осколков стекла и т.п.

Поражения людей световым импульсом вызывает появление термических ожогов кожных покровов и органа зрения. Ожоги органов зрения могут приводить к ослеплению пораженных. Термические поражения могут быть обусловлены как непосредственно световым импульсом ядерного взрыва, так и пламенем при возгорании одежды и возникших в очаге пожаров.

Ионизирующие излучения являются важным компонентом ядерных взрывов. Они состоят из потока нейтронов и гамма-излучения. Меньшее значение имеет поток бета-частиц от продуктов ядерного распада, а также относительно незначительное количество альфа-частиц от непрореагировавшего ядерного заряда.

Большая проникающая способность первичного излучения в сочетании с высокой биологической эффективностью нейтронов и гамма-лучей делают их одним из основных поражающих факторов ядерного взрыва.

В результате осаждения частиц из радиоактивного облака наземного или подводного взрывов на поверхность земли в виде радиоактивных осадков возникает опасность остаточного излучения.

Первичное действие радиации приводит к прямому повреждению генома человека, а также реализуется в физических, физико-химических и химических процессах с образованием химически активных свободных радикалов (H^+, OH^-, HO_2), обладающих высокими окислительными и восстановительными свойствами.

В последующем образуются различные перекисные соединения, угнетающие активность одних ферментов и повышающие – других, играющих важную роль в процессах аутолиза (саморастворения) тканей организма. Появление в крови продуктов распада радиочувствительных тканей и патологического обмена веществ при воздействии высоких доз ионизирующего излучения является основой формирования токсемии – отравления организма, связанного с циркуляцией в крови токсинов. Основное значение в развитии радиационных поражений имеют нарушения физиологической регенерации клеток и тканей, а также изменения функций регуляторных систем.

Электромагнитный импульс, сопутствующий ядерному взрыву, вызывая повреждение линий энергоснабжения, радиоэлектронной и электротехнической аппаратуры, может распространяться по проводам на значительное расстояние и также вызывать поражение населения и сил ГО.

При ядерных взрывах травматические повреждения от воздействия ударной волны могут сочетаться с ожогами от светового излучения, лучевой болезнью от воздействия проникающей радиации и радиоактивного заражения местности. При воздействии на человека различных поражающих факторов ядерного взрыва возникают комбинированные поражения, для которых характерно развитие синдрома взаимного отягощения, ухудшающего его перспективы на выздоровление.

Характер возникающих комбинированных поражений зависит от мощности и вида ядерного взрыва. Например, даже при взрывах мощностью 10 кт радиусы поражающего действия ударной волны и светового излучения превосходят радиус поражений от проникающей радиации, что определяющим образом будет влиять на структуру санитарных потерь в очаге ядерного поражения.

При взрывах ядерных боеприпасов малой и средней мощности ожидаются в основном комбинации травматических повреждений, ожогов и лучевой болезни, а при взрывах большой мощности – в основном комбинации травм и ожогов.

На основе изучения структуры санитарных потерь среди населения после нанесения ядерных ударов по японским городам Хиросима и Нагасаки, подсчитано, что в 70 % случаев имели место механические повреждения, в 65–85 % – термические ожоги и в 30 % – радиационные поражения. Анализ структуры санитарных потерь свидетельствует, что у 39,4 % в Хиросиме и 42,2 % в Нагасаки поражения носили комбинированный характер.

Опыт показал, что острая лучевая болезнь у пораженных ядерным оружием развивается при внешнем гамма- и гамма-нейтронном облучении в дозе, превышающей 1 Гр, полученной одномоментно или в течение короткого промежутка времени (от 3 до 10 суток), а также при поступлении внутрь радионуклидов, создающих адекватную поглощенную дозу. В зависимости от величины дозы развиваются различные по тяжести проявлений формы острой лучевой болезни с характерными для них симптомами.

Нейтронное оружие представляет собой малогабаритный термоядерный боеприпас мощностью до 10 кт, предназначенный в основном для поражения живой силы противника за счет действия нейтронного излучения. Нейтронное оружие относится к тактическому ядерному оружию.

Академик Л.А. Ильин (1983) выделяет прямые (непосредственные) и косвенные (опосредованные) последствия ядерных взрывов на людей и среду их обитания. В свою очередь они подразделяются на ближайшие и отдаленные последствия.

Прямые последствия обусловлены непосредственным воздействием поражающих факторов ядерных взрывов – ударной волны, светового излучения, первичной (мгновенной) радиации и остаточной радиации в виде местных радиоактивных осадков, а также глобальных радиоактивных выпадений.

Косвенные эффекты – это следствия дезинтеграции экономики, разрушения материально-технических основ и социальных аспектов жизни общества. К ним следует отнести нехватку продуктов питания, жилья, вспышки эпидемий, существенное учащение заболеваемости населения, включая психические заболевания, а также резкое ухудшение медицинской помощи. К опосредованным эффектам следует отнести медико-биологические и экологические последствия вследствие возможности истощения озонового слоя атмосферы, изменений климата и иных непредсказуемых в настоящее время явлений.

Возможная медицинская обстановка в очаге химического поражения будет определяться видом ОВ, способом его применения, агрегатным состоянием, характером местности, метеорологическими условиями.

На величину и структуру потерь среди населения от химического оружия существенное влияние будет оказывать быстрота действия и токсичность ОВ, его способность поражать человека через органы дыхания и неповрежденную кожу, стойкость, достижение противником при химической атаке фактора внезапности.

Минимизация людских потерь может быть достигнута путем своевременного оповещения населения об угрозе химического нападения и профилактика поражений путем использования средств технической и медицинской защиты.

При применении химического оружия поражения человека ОВ могут иметь общий или местный характер.

Местное поражение проявляется в виде поражения кожных покровов, органов дыхания, зрительного аппарата в результате прямого контакта с ОВ.

Общее поражение наблюдается при проникновении ОВ в кровь через органы дыхания или через кожные покровы.

По данным зарубежных источников (С. Херш, 1970) при применении в качестве химического оружия ФОВ возможные потери в очаге химического поражения могут составить следующие величины: 25% людей получат дозу менее смертельной, 25% получат дозу в 3-5 раз превышающую смертельную, 25% получат дозу больше смертельной в 5 раз, 25% получат дозу, выше смертельной в 30-50 раз.

Считается, что при попадании ОВ типа «ви-газов» на кожу в поражающих концентрациях может погибнуть до 50% людей, если в течение нескольких секунд или минут не будет проведена частичная санитарная обработка кожи и не введен антидот. В такие сжатые сроки указанные мероприятия по медицинской защите могут быть проведены только в виде само- или взаимопомощи, при наличии соответствующих средств медицинской индивидуальной защиты и умении ими пользоваться. 25% пораженных могут выжить при своевременном оказании медицинской помощи и обеззараживании ОВ на коже (А.И. Бурназян, 1983).

Медицинская обстановка в очагах химического поражения значительно осложняется из-за необходимости ведения работы медицинского персонала по оказанию помощи пораженным в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, и обязательности полной обработки пораженных стойкими ОВ при их поступлении в лечебные учреждения.

Новые виды оружия, основанные на новых физических принципах, по мнению военных специалистов, будут использоваться не столько для ведения военных действий, сколько для того, чтобы лишить противника возможности активного сопротивления за счет поражения его наиболее важных объектов экономики и инфраструктуры, разрушения информационного и энергетического пространства, нарушения психического состояния населения.

Медицинские последствия применения новых перспективных видов оружия в настоящее время не поддаются количественной оценке, однако возможность их использования и характер последствий должны быть учтены при планировании мероприятий по медицинской защите населения в военное время. В этих условиях актуальными становятся задачи по разработке и внедрению средств и способов защиты от оружия с нетрадиционными поражающими факторами.

2.3.4. Возможная пожарная обстановка в очагах поражения[21]

Под обстановкой на пожаре понимается совокупность на определенный момент времени данных о параметрах пожара (площадь пожара, зона задымления и тепловое излучение, скорость распространения горения, температура среды в зоне действий подразделений и т.п.), его расположении, наличии угрозы людям, наличии

[21] Федотов С.Б. Каф. 24 «Пожарной безопасности»

электроустановок под напряжением, возможности обрушения конструкций, взрыва, отравления, о климатических условиях, количестве сил и средств тушения пожара, наличии и расположении водоисточников.

Причины возникновения пожаров, возникших «при ведении военных действий или вследствие этих действий», явятся дополнением к причинам пожаров мирного времени: 1) технологическим причинам; 2) нарушениям правил устройства и эксплуатации электрооборудования; 3) нарушениям правил устройства и эксплуатации печей и теплоустановок; 4) нарушениям правил пожарной безопасности при проведении огневых работ; 5) поджогам; 6) неосторожному обращению с огнем; 7) шалости детей; 8) неустановленным причинам.

С учетом повышения напряженности работы объектов экономики, продолжающих функционировать в военное время, и увеличения нагрузки на оборудование в этот период следует ожидать повышения количества пожаров на отдельных предприятиях (в первую очередь – военного производства) по технологическим причинам.

Из-за возможного вынужденного привлечения на предприятия недостаточно квалифицированных трудовых ресурсов вполне вероятным на предприятиях может быть увеличение числа пожаров вследствие нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования, печей и теплоустановок, нарушения правил пожарной безопасности при проведении огневых работ.

Число случаев неосторожного обращения с огнем может уменьшиться по причине повышения ответственного и производственной дисциплины в рамках особого правового режима военного положения, а может и увеличиться – по причине физической и психической усталости, и как следствия – снижения аккуратности персонала предприятия, или стремления в интересах пренебрегать мерами безопасности в интересах ускорения выполнения отдельных производственных заданий.

Поджоги в период военного времени очевидно уменьшатся по уголовно-криминальному содержанию, но увеличатся по причине прямых диверсий противника. Можно ожидать снижения пожаров, вызванных шалостью детей, хотя необходимо учесть, что зачастую в военное время растет количество беспризорных детей, которые в местах своего пребывания пренебрегают аккуратным использованием огня.

В военное время, обеспечение защиты от пожаров по названным причинам не потребует принятия особых мер, отличных от мер мирного времени. Последствия таких пожаров могут остаться на уровне мирного времени. Хотя возможен рост этих последствий из-за возможного снижения числа сил и средств, применяемых борьбы с указанными видами пожаров.

При ведении военных действий, среди неядерных средств поражения, основным источником пожаров является применение противником зажигательных средств (снарядов, бомб, ракет, огнеметов и др.), от которых люди получают ожоговые повреждения, сгорает техника и материальные средства, возникают массовые пожары на больших территориях, объектах экономики, в отдельных зданиях и сооружениях. Кроме того, пожары различного масштаба могут быть последствием применения оружия, наносящего такие виды поражения как:

геофизическое поражение - поражение оружием, действие которого основано на использовании сил природы в военных целях путем активного воздействия на физические процессы, протекающие в литосфере, гидросфере и атмосфере;

космическое поражение - поражение, осуществляемое комплексом средств космического вооружения, предназначенных для уничтожения космических объектов

систем ПВО и связи в космосе и поражения наиболее важных объектов на земле из космоса;

лучевое поражение - поражение, достигаемое использованием лазерного и пучкового оружия;

сверхвысокочастотное поражение - поражение живой силы и боевой техники сверхвысокочастотным оружием, основанным на принципе генерации электромагнитных колебаний сверхвысокой частоты и др.

Анализ военных конфликтов последнего времени показал, что нанесение авиационных, ракетных и артиллерийских ударов, вызывающих пожары, вооруженными силами США и стран НАТО многократно осуществлялось по объектам, которые, согласно главы III «Гражданские объекты» Дополнительного протокола I к Женевским конвенциям от 12 августа 1949 г., касающегося защиты жертв международных вооруженных конфликтов: «Гражданские объекты не должны являться объектом нападения или репрессалий».

В марте-июне 1999 г. в Югославии, в марте-апреле 2003 г. в Ираке, в августе 2008 г. в Южной Осетии, в апреле-сентябре 2014 г. в Донбассе объектами нападения и последующего возникновения пожаров явились гражданские объекты: жилые здания, системы водоснабжения и электроснабжения, медицинские учреждения (включая родильные дома), узлы связи и почтамты, сельскохозяйственные комплексы, предприятия муниципального и других видов транспорта, объекты социального обеспечения, школы, вузы, музей, научные учреждения, химические заводы и предприятия нефтегазового комплекса, дипломатические миссии, колонны беженцев и др. Отдельные удары наносились по пожарным депо и складам пожарно-технического имущества.

При ведении военных действий пожары возникали в любое время суток, в основном - от одного до шести налетов 1-50 ракетами или авиабомбами.

Возникающие пожары могут быть: отдельными, сплошными (включая огневые штормы) и в завалах. Общая совокупность всех пожаров представляет собой массовый пожар. Развитие массовых пожаров возможно в результате:

передачи тепла излучением, теплопроводностью, конвекцией;

переброса горячих искр и головней;

технологических взрывов;

растекания горящих ЛВЖ и ГЖ.

Массовые пожары сопровождается:

загазованностью и задымлением защитных сооружений ГО, производственных и жилых зданий и сооружений, приземного слоя атмосферы продуктами горения;

повышением температуры окружающей воздушной среды;

тепловым излучением, воздействующим на людей и технику.

Возникновение пожаров сопровождают воздействующие на людей и имущество опасные факторы пожара: пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму.

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся: осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, строений, транспортных средств, технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного

имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ.

Специфичными опасными факторами пожаров военного времени являются: 1) световое излучение ядерного взрыва; 2) воздействие зажигательных веществ; 3) зажигательные свойства электронного и других видов современного оружия.

Пожары, возникающие и развивающиеся в очагах поражения, и их сопровождающие опасные факторы пожаров, будут затруднять действия сил гражданской обороны по выполнению ими боевых задач. Поэтому очень важно заранее предвидеть и оценить возможную пожарную обстановку.

Оценка пожарной обстановки после применения противником средств поражения производится с целью определения объемов и сроков работ по противопожарному обеспечению АСДНР, восстановлению источников противопожарного водоснабжения, а также расчета сил и средств, подготовки решения на их использование.

Исходными данными для оценки пожарной обстановки являются:

вид взрыва, мощность боеприпаса, координаты эпицентра и время взрыва;

скорость и направление среднего и приземного ветров;

материалы предварительной оценки пожарной обстановки.

Оценка пожарной обстановки после применения противником средств поражения производится в следующем порядке:

на плане населенного пункта (территориального образования), на котором заранее нанесены данные предварительной оценки пожарной обстановки, показываются вид, мощность, центр, дата (часы, минуты, число; месяц) взрыва;

в зависимости от мощности боеприпаса по справочным данным на плане вокруг эпицентра взрыва наносятся круги с радиусами, соответствующими 0,50 и 100% плотности пожаров;

с учетом данных предварительной оценки пожарной обстановки, справочных данных и метеоданных определяются участки сплошных и отдельных пожаров, огневых штормов и пожаров в завалах, а также скорость и направление распространения сплошных пожаров; уточняется пожарная обстановка на маршрутах ввода сил ГО и на объектах АСДНР. Возможность противопожарного обеспечения сил ГО на маршрутах ввода определяется с учетом проходимости улиц, непроходимые участки улиц обозначаются установленным знаком, при этом расчет сил и средств для противопожарного обеспечения сил ГО на этих участках не производится.

При оценке пожарной обстановки необходимо учитывать следующее:

сплошные пожары возникают, как правило, на участках с плотностью застройки зданиями и сооружениями IV-V степени огнестойкости не менее 15%, III - не менее 20%, I-II - не менее 30%;

пожары в завалах отмечаются на участках застройки зданиями и сооружениями I, II, III степени огнестойкости, оказавшихся в зоне полных разрушений;

огневой шторм может возникнуть после образования сплошного пожара на участке застройки площадью не менее 2,5 кв. км (причем в который вписывается круг радиусом 0,9 км), кроме того, влажность воздуха в этой зоне не должна превышать 30%, а скорость приземного ветра не более 5 м/сек. существует еще ряд ограничений - горячая загрузка в зоне огневого шторма должна быть не менее 100 кг/кв. м., плотность застройки зданиями III, IV, V степеней огнестойкости не менее 20%; в застройке сооружениями IV и V степеней огнестойкости огневой шторм возможен на участке

0,25 кв. км (круг радиусом около 0,3 км участок, охваченный огневым штормом, непроходим для людей и техники;)

отдельный пожар – пожар в отдельном здании, сооружении -практически не сдерживает продвижение людей и техники по застроенной территории, движение между отдельными пожарами возможно без средств защиты от теплового излучения;

продолжительность массового пожара может изменяться в широких пределах, но все-таки принято считать, что в застройке IV – V степени огнестойкости массовый пожар длится не более 7 часов, III степени огнестойкости – не более 24 часа;

продолжительность пожаров в завалах – не менее 24 часов.

После оценки пожарной обстановки на план населенного пункта и на карты наносятся круги с радиусами, соответствующими избыточным давлениям ударной волны - 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 - кгс/кв. см, для уточнения степени разрушения зданий и сооружений; а также след радиоактивного облака с учетом скорости и направления среднего ветра. После этого с учетом предварительной оценки пожарной обстановки, данных разведки осуществляется корректировка расчета сил и средств для противопожарного обеспечения сил ГО на маршрутах ввода, а также АСДНР.

При слаженной работе боевых расчетов штабов ПСС ГО, наличии необходимой справочной литературы, оценка пожарной обстановки должна производиться в течение 30 минут. В результате оценки пожарной обстановки разрабатываются три основных документа:

план населенного пункта и карта местности с нанесенной на них пожарной, инженерной и радиационной обстановкой, а также с расстановкой сил и средств противопожарной службы;

предложения, начальнику гражданской обороны по вопросу противопожарного обеспечения АСДНР;

проект приказа начальника ПСС ГО на противопожарное обеспечение АСДНР.

С учетом данных разведки, складывающейся обстановки уточняется решение, конкретизируется взаимодействие сил и средств ГО вплоть до полной ликвидации массовых пожаров.

2.3.5. Возможная инженерная обстановка в очагах поражения[22]

Характеристики очага поражения от применения авиационных бомб и снарядов зависят от типа и мощности боеприпаса, а также условий бомбометания и обстрела. При прямом попадании авиабомба может проникнуть внутрь здания и взорваться в одном из наземных этажей или в подвальной части здания. В результате местного действия удара и взрыва разрушаются стены, перекрытия и другие преграды, оказавшиеся в зоне действия взрыва, а также деформируются и смещаются удаленные от места взрыва несущие конструкции и другие элементы зданий. В случае взрыва авиабомбы в верхних этажах здания, падающие вниз обломки перекрытий, могут пробить нижележащие перекрытия, что вызовет дальнейшую деформацию здания и образование завалов.

При падении авиабомбы вблизи здания и проникновения ее глубоко в грунт во время взрыва возникнут продольные колебания основания, которые вызовут деформации, смещение или осадку фундамента. Это приведет к появлению трещин в сте-

[22] Юхин А.Н. Каф. 13 «Инженерной защиты населения и территорий»

нах, что в ряде случаев способствует обрушению стен, которое может также произойти вследствие сотрясения здания от взрыва.

Вследствие большой насыщенности городской территории (особенно улиц, проездов, дворов и т.п.) различными инженерными коммуникациями вероятность их поражения авиабомбами, артиллерийскими снарядами очень велика. Так, за время блокады Ленинграда в годы Великой Отечественной войны силами аварийных частей и подразделений было ликвидировано только на сетях водоснабжения и канализации свыше 6 тыс. аварий, вызванных авиабомбами и артиллерийскими снарядами, при этом отрыто около 50 тыс. м траншей и котлованов.

Кроме непосредственного разрушения инженерных сетей в месте взрыва, на участках труб, непосредственно примыкающих к воронке, могут появиться трещины и нарушения стыковых соединений. При разрушении магистральных трубопроводов большого диаметра в сети может возникнуть гидравлический удар, вызывающий повреждение стыков от места взрыва.

Опыт аварийных работ во время Великой Отечественной войны в городах, подвергавшихся вражеской бомбардировке и артиллерийскому обстрелу, показал, что при прямом попадании фугасных авиабомб трубы городских инженерных сетей разрушались на длине до 25 м, а вследствие гидравлического удара расстройство стыков, деформация труб отмечались на расстоянии до 2,5 км от места основного разрушения. В большей степени разрушению подвержены чугунные, бетонные и керамические трубы, а также магистральные трубопроводы большого диаметра и коллекторы.

При повреждении водопроводных и канализационных линий образующиеся во время взрыва воронки быстро наполняются водой, что значительно усложняет проведение восстановительных работ.

Очаги поражения в результате применения фугасных и зажигательных авиабомб и артиллерийских снарядов также могут характеризоваться массовыми разрушениями и пожарами.

Обстановку на территории города в очаге применения ОСП принято оценивать показателями.

Показатели целесообразно разделить на две группы:

показатели, непосредственно характеризующие инженерную обстановку;

показатели, характеризующие объем АСДНР и жизнеобеспечения населения.

К основным показателям инженерной обстановки в городе относят:

количество объектов экономики и зданий, получивших различные степени разрушения;

количество разрушенных и заваленных ЗС;

количество ЗС, требующих подачи воздуха;

количество участков, требующих укрепления (обрушения) поврежденных или разрушенных конструкций зданий;

объем завалов;

количество аварий на КЭС;

протяженность завалов и разрушений на маршрутах ввода сил.

2.4. Особенности применения средств поражения в современных военных конфликтах[23]

Историки насчитали более двадцати тысяч войн в ходе развития цивилизации. Их характер, последствия, масштабы менялись в зависимости от развития средств вооруженной борьбы. Периодизация вооруженных конфликтов, их классификация и характерные особенности связывают войны различных типов с уровнем развития оружия. В.И. Слипченко предложена периодизация войн, в соответствии с которой все известные в истории человечества войны разделены на шесть поколений.

В войнах первого поколения использовалось холодное оружие. Эти войны относятся к рабовладельческому и феодальному периодам обществ. Формы и способы ведения войн второго поколения обусловлены результатом развития материального производства, появлением пороха и гладкоствольного оружия. Нарезное стрелковое оружие и нарезная артиллерия привели к появлению войн третьего поколения. Принятие на вооружение автоматического оружия, танков, боевых самолетов, появление новых транспортных средств, средств связи повлияли на становление и дальнейшее развитие и ныне не прекращающихся войн четвертого поколения. Уже более 50 лет на нашей планете сохраняется опасность войны пятого поколения - ядерной. Во всех войнах доядерного периода главным объектом поражения непременно были Вооруженные силы противоборствующих сторон так, как только после их разгрома можно было свергнуть политический строй противника и добиться победы.

В ракетно-ядерный век все резко изменилось, и первоочередными объектами поражения могут стать одновременно не только Вооруженные силы, но и практически вся территория и все население воюющих сторон, а театром военных действий вся планета Земля.

В войнах шестого поколения решающая роль будет принадлежать новым видам высокоточного оружия, по своей эффективности приближающегося к ядерному, но не имеющего отрицательных (прежде всего, экологических) последствий его применения.

В пространственном отношении вооруженную борьбу можно будет вести в любой точке земли. Она будет представлять собой совокупность одновременных и последовательных ударов преимущественно из воздушно-космической сферы, наносимых выборочно по разнесенным, наиболее важным военным целям и объектам экономики. Перенос военных действий в воздушно-космическую сферу приведет к тому, что сплошные фронты на земле будут исчезать, а в воздухе появляться. Такая структура ударов приведет к тому, что вооруженная борьба примет очаговый, ячеистый характер.

Пространственная разнесенность ударов не означает их разрозненности: они будут наноситься по единому замыслу и плану, при необходимости – возможна корректировка их во времени и пространстве.

Стороны будут стремиться достичь целей войны одним или несколькими ударами в ходе стратегической воздушно-космической операции, поэтому будущая война будет, скорее всего, скоротечной. Вооруженная борьба в ней будет протекать по сценарию, навязанному сильнейшей стороной, той, которая лучше подготовится к войне и начнет борьбу в выгодный момент внезапными действиями.

Принципиальным отличием вооруженной борьбы и войны будущего будет необязательность, а часто ненужность, захвата территории противника и удержания ее. Захват будет осуществляться, видимо, тогда, когда выгоды от этого будут превышать боевые

[23] Осипов Д.М. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

«затраты» или, когда без этого невозможно достичь целей войны. При этом захват вряд ли будет тотальным, скорее всего, он ограничится важнейшими пунктами и районами.

Для противостояния массированному удару воздушно-космических средств противника надо иметь совершенно другие Вооруженные силы. Они должны создаваться не на базе крупных сухопутных группировок, а на основе эффективной стратегической системы воздушно-космической обороны, способной отражать длительные массированные удары высокоточных средств противника, и достаточного количества собственных высокоточных средств поражения различной дальности действия и средств, построенных на новых физических принципах.

Выделенная выше тенденция организации вооруженной борьбы в реальном масштабе времени обусловливает ее новую характерную черту - управляемость. Управляемость вооруженной борьбы достигается через создание на ее подготовительном этапе таких условий и преимуществ, когда одна сторона (агрессор) добивается полного и максимально безраздельного руководства ходом военных действий. На этом этапе парализуется или берется рефлексными методами под контроль государственное и военное управление, осуществляется дезорганизация действий на всех уровнях и подавляется воля противника к сопротивлению.

Оптимальной особенностью здесь является комплексное взаимосвязанное использование всех форм борьбы - политической, экономической, психологической, информационно-сетевого противоборства и др.

Что касается областей информационно-сетевого противоборства государств, то оно охватывает следующие пространства:

географическое - установление контроля над территорией посредством глобальных (в том числе и космических) информационных и разведывательных систем, поощрение сепаратистских движений и террористической активности в различных формах на территории противника, вовлечение противника в конфликты малой интенсивности, а также организация волнений народных масс и «цветных» революций;

экономическое - навязывание противнику кабальных кредитов, введение эмбарго, организация экономических санкций и провокаций;

идеологическое - использование клеветы, искажения информации, подмена понятий, внесение ментальных вирусов и мифологем в сознание населения противника;

сетевое - организация хакерских атак и внесение компьютерных вирусов различного рода в вычислительные и коммуникационные системы и базы данных.

Расцвет информационно-сетевых технологий разрушения основ государственности, которые позволяют решать военно-политические задачи по смене правящего в стране режима не за счет уничтожения вооруженных сил и экономики этой страны, а за счет воздействий на морально-психологическое состояние ее руководства и населения.

Информационно-сетевое воздействие на население и органы государственного управления обусловлено следующими факторами:

развитие средств вычислительной техники и социальных сетей в глобальных коммуникациях, что сделало их движущей силой трансформации общества;

успехи психологии в области изучения поведения людей и управления их мотивациями позволили оказывать не только заданное воздействие на большие социальные группы, но переформатировать сознание целых народов.

В связи с этим следует отметить, что борьба в информационном пространстве велась во все времена существования человечества явно и скрытно между государствами в защиту своих интересов, за расширение зон политического и экономическо-

го влияния, овладение и установление контроля за источниками сырья и рынками сбыта и при подготовке территориальных захватов.

Современные политические технологии разрушения государств направлены на перенос агрессии из военно-географического пространства в информационно-сетевое. Теперь уже полем битвы становится ментальная сфера, самосознание народа, его национальная и культурная идентичность. Первым шагом в этом направлении является дискредитация, а затем и уничтожение традиционных ценностей нации. А для того чтобы внешняя информационная агрессия воспринималось массовым сознанием безболезненно, это представляется как движение по пути прогресса.

Целью информационно-сетевого вторжения является установление контроля над стратегически важными ресурсами страны-противника. При этом «передача» этого контроля агрессору осуществляется элитой страны-жертвы совершенно добровольно, поскольку это воспринимается ею не как вторжение, а как путь к восходящему развитию.

В таких выгодных условиях противнику, если он не капитулирует, наносится сокрушительное поражение в ходе кратковременных военных действий, с минимальными потерями и материальными издержками.

На основании анализа наиболее общих черт конфликтов конца XX - начала XXI века, можно сделать следующие принципиальные выводы относительно военно-политических особенностей вооруженной борьбы на современном этапе и в обозримой перспективе:

решающим моментом для достижения военно-политического успеха является захват стратегической инициативы в ходе вооруженного конфликта. Особенность вооруженной борьбы будущего будет состоять в том, что в ходе войны под ударами противника окажутся не только военные объекты и войска, но одновременно и экономика страны со всей ее инфраструктурой, гражданское население и территория. Несмотря на высокую точность средств поражения, все исследованные вооруженные конфликты последнего времени были в той или иной степени гуманитарно «грязными» и повлекли за собой значительные жертвы среди мирного населения. В связи с этим возникает необходимость в высокоорганизованной и эффективной системе гражданской обороны страны;

критерии военной победы в вооруженных конфликтах будут различными, однако очевидно, что первостепенное значение имеет решение политических задач в вооруженном конфликте, тогда как военно-политические и оперативно-тактические задачи носят преимущественно вспомогательный характер. Ни в одном из рассмотренных конфликтов победившая сторона не смогла нанести противнику запланированный ущерб, но, тем не менее, смогла достичь политических целей конфликта;

несмотря на повышение роли развернутых к моменту угрожаемого периода группировок сил и средств, значительную роль в исходе вооруженного конфликта будет играть наличие боеготового резерва и системы его отмобилизования и развертывания. Это даст возможность сохранять стратегический ресурс силового реагирования при любом развитии ситуации в ходе вооруженного конфликта;

боевые действия будут характеризоваться сочетанием маневренных операций и позиционных действий. Разведывательно-диверсионные действия и партизанская война рассматриваются как часть «обычной» войны. Это подтверждает необходи-

мость сбалансированного состава сил и средств вооруженных сил, а также комплексной боевой подготовки;

решающее значение для обороняющихся будет иметь совершенная система разведки с единым центром управления и хорошо защищенными центрами (пунктами) сбора и обработки разведывательной информации всех видов вооруженных сил и спецслужб, наличие у них возможности доведения обработанных разведывательных данных до всех заинтересованных инстанций в кратчайшие сроки, близкие реальному масштабу времени. Наличие такой разведки даст возможность своевременно вскрыть подготовку противника к нападению и провести все неотложные мероприятия угрожаемого периода и, в первую очередь, перевод войск в наивысшие степени боевой готовности. В группировке войск кроме обычных элементов в оперативном построении (боевом порядке) должны присутствовать: разведывательно-информационный центр, действующий в рамках реального масштаба времени; автоматизированная, высокозащищенная система управления войсками и оружием; воздушно-космический эшелон (или часть его) высокоточного оружия; высокозащищенный резерв;

характер применяемого в современных войнах вооружения диктует настоятельную необходимость наличия сил и средств для нанесения ударов по военным инструментам противника (дальнобойному высокоточному оружию, дальней авиации), находящимся за границами непосредственного района конфликта. Для этого требуются как наличие собственного потенциала дальнобойного высокоточного оружия, так и иные средства, дающие возможность перенести боевые действия непосредственно на территорию противника;

главное внимание должно быть уделено созданию устойчивой дублированной системы управления силами всех звеньев управления. С этой целью должны быть использованы все существующие и созданы новые системы связи, максимально задействованы воздушные командные пункты, а также обеспечено безусловное доведение до исполнителей приказов высшего руководства страны и их выполнение.

Государство, не подготовленное к ведению войн нового поколения, обрекает себя на неминуемое поражение.

Особенности применения ССП в военных конфликтах за рубежом

В локальных войнах конца XX - начала XXI века технологический прорыв был достигнут в результате широкомасштабного практического использования в ходе боевых действий космических систем и высокоточного оружия.

Если во Вьетнаме, в Афганистане и на Фолклендских островах космические средства использовались для обеспечения военных действий лишь от случая к случаю, при наличии спутника на орбите и возможности его оперативного прохождения над районом наблюдения, то в войне в зоне Персидского залива (1991) космические средства применялись во всех фазах операции. По оценкам специалистов это была «первая космическая война нашей эры», где органы управления космического командования решали задачи обеспечения разведки, связи, оценки результатов поражения объектов противника, навигационного, топогеодезического и метеорологического обеспечения.

Новый шаг в этом отношении был сделан в операции «Решительная сила» против Югославии (1999), а затем в новой войне против Ирака (2003), когда планирование ракетно-бомбовых ударов и контроль результатов их нанесения не обходились

без использования космических средств, что обеспечивало функционирование ВТО в любое время суток и при любых метеорологических условиях.

Отличительной чертой современного вооруженного конфликта является многовариантность начала военных действий. Так, в отличие от первой воздушной наступательной операции в зоне Персидского залива (1991), когда в сутки наносилось два-три удара продолжительностью до трех часов, в операции «Лис пустыни» за 73 часа боевых действий проведено всего четыре удара: один массированный ракетно-авиационный и три ракетно-авиационных продолжительностью шесть-девять часов каждый (два ракетных залпа крылатых ракет морского базирования, один пуск крылатых ракет воздушного базирования и несколько бомбометаний авиации). В ходе операции «Лис пустыни» были продемонстрированы и элементы новой формы военных действий - последовательные ракетно-авиационные удары ВТО, в ходе которых было поражено более 100 объектов.

Определенные новшества отмечались в операции «Решительная сила» (Югославия, 1999), где военные действия начались нанесением двух массированных авиационно-ракетных ударов, после чего последовательно наносились выборочные одиночные и групповые удары с интенсивностью около 50-70 самолетов в сутки. Авиация и ракеты действовали группами по значительному количеству объектов.

Во время войны в Югославии в результате применения ВТО по объектам экономики, системам жизнеобеспечения и объектам инфраструктуры Югославии были уничтожены:

на 100% объекты нефтяной индустрии, на 70% - объекты авиационной промышленности;

уничтожены и выведены из строя 50% автомобильных и 100% железных дорог, практически были разрушены все мосты через реку Дунай;

прекращено железнодорожное сообщение, автодороги в состоянии деградации;

уничтожено и выведено из строя 45% радио- и телестанций.

По всей территории Сербии отключено 35% потребителей и 70% в районе города Белграда.

Выведено из строя 30% радиорелейных линий, вещание сохранилось лишь в пределах городов.

Кроме того, авиация НАТО преднамеренно наносила бомбовые и ракетные удары по ХОО с целью их разрушения, в частности аммиачно-полимерного производства (наиболее опасными компонентами полимерного производства являются фосген и синильная кислота). В результате разрушения объектов происходило распространение довольно плотных облаков сильнодействующих ядовитых веществ на значительные территории не только Югославии, но и прилегающих к ее границам государств. Также следует отметить и несколько десятков инцидентов на ХОО, связанных с утечкой чрезвычайно ядовитых компонентов (мономера винилхлорида, этилен хлора, хлористого водорода, токсичных азотосодержащих соединений), что потребовало срочной эвакуации из опасных зон более 70 тысяч человек.

При бомбардировках и ракетных ударах по городам Югославии были разрушены очистные сооружения и коммуникации, что вызвало антисанитарию и создало реальную угрозу возникновения и распространения опасных эпидемий, особенно в местах скопления беженцев. Были существенные перебои с электро- и водоснабжением, а в некоторых городах и населенных пунктах оно вообще отсутствовало.

В операции «Несгибаемая свобода» (Афганистан, 2001) в условиях большой рассредоточенности и скрытности объектов ударов (террористических групп «Аль-Каиды») цели действий были достигнуты благодаря применению принципа «центрально-сетевого ведения боевых действий», при котором удары наносились непосредственно при обнаружении объектов сопрягаемыми или собственными силами разведки способом «обнаружил - уничтожил». Отметим в этой связи, что современные системы наведения и управления ВТО обладают широкими возможностями. Они могут автоматически выбирать оптимальную траекторию полета, подводить ракету (бомбу, снаряд) к цели под ракурсом наиболее эффективного поражения, отслеживать ее маневры и, наконец, выбирать нужную цель из множества окружающих объектов. Принцип «выстрелил и забыл» сегодня доминирует при создании всех типов современного ВТО.

В 2011 г. североатлантический альянс провёл в Ливии военную операцию, которая основывалась на резолюции СБ ООН о введении в стране «бесполетной зоны». 19 марта колонна ливийских правительственных войск, направлявшаяся в Бенгази за несколько минут была уничтожена ударами с воздуха. Начали операцию – Франция, Великобритания и США. Позднее к союзникам присоединились самолеты Бельгии, Греции, Дании, Испании, Италии, Канады, Нидерландов, Норвегии, а также не состоящих в НАТО Швеции, Иордании, Катара и ОАЭ. В операции по блокированию побережья Ливии приняли участие ВМС Болгарии, Румынии и Турции.

Страны суммарно задействовали не менее 50 боевых самолетов, а затем и вертолеты «AH-64 Apache» и «EC 665 Tiger», летавшие с УДК «Ocean» и «Tonnere». Самолеты альянса совершили свыше 26 тыс. боевых вылетов, поразив более 6 тыс. целей. Несмотря на резолюцию СБ, запрещавшую поставки оружия в Ливию, Катар отправил туда противотанковые комплексы «Milan», а США – беспилотники и ударные вертолеты.

Уничтожение экономики той или иной страны является главной целью всех последних натовских войн. То же самое видно и на примере Ливии. В этой стране авиация НАТО бомбила больницы, жилые дома, зернохранилища, завод по производству кислорода для больных, поджигала финиковые плантации - все эти объекты нельзя назвать военными, а постоянно списывать их на некие «ошибки» и «непроверенные данные». Британские военные использовали в Ливии бомбы с термобарическими боеголовками. Это привело к существенному увеличению жертв среди мирного населения в городах Ливии. Жертвами бомбардировок стали 1108 мирных жителей.

Немаловажную роль в современном вооруженном конфликте играют силы специальных операций. Например, во время войны в Ираке (2003) они приступили к действиям задолго до начала активной фазы воздушно-наземной операции. ССО вели разведку и доразведку важных объектов и целеуказание. Их заброска в тыл иракских войск осуществлялась аэромобильным способом с десантированием личного состава в непосредственной близости от объектов. Кроме того, применялись воздушные десанты с выброской значительного количества личного состава, вооружения и военной техники парашютным способом (десантирование отрядов 173 отдельной воздушно-десантной бригады на севере Ирака, подразделений 82 воздушно-десантной дивизии в западных районах). В вооруженных силах США и НАТО на силы специальной операции в интересах повышения эффективности операций возлагается выполнение следующих основных задач: ведение разведывательно-диверсионных и подрывных действий с использованием специальной техники, а также радио- и радиотехнических операций, радиоэлектронной борьбы; проведение поисков, разведки боем и рейдовых действий в целях нарушения работы тыла, связи, системы снабжения войск против-

ника; устройство засад, совершение налетов, подрыв морально-психологического состояния войск и местного населения.

Новым видом применения ССО явилось военное вмешательство сил НАТО в гражданскую войну в Ливии в 2011 г., под предлогом защиты мирных жителей. Фактически цель вмешательства уничтожение регулярных войск, представляющих угрозу для незаконных вооружённых формирований с помощью ударов с воздуха. НАТО отправила в Ливию отставников из SAS - британского спецназа и спецназа из других западных стран. Это дало возможность утверждать, что солдаты НАТО официально не участвуют в боевых действиях. Однако мастера разведывательных и диверсионных операций находились в городе Мисурата и его окрестностях, где происходили столкновения, выслеживали районы дислокации правительственных войск и наводили бомбардировщики на цели.

На завершающем этапе войны, перед взятием Триполи, в отряды повстанцев влились спецназовцы из Катара и ОАЭ. Они приняли участие в захвате резиденции Каддафи Баб аль-Азизия. В последствии экс-лидер Джамахирии был жестоко убит предположительно повстанцами но не без помощи ССО НАТО.

Таким образом, действия ССО в высокоточном сражении можно рассматривать как своеобразный глубинный эшелон, который во взаимодействии с силами быстрого развертывания, аэромобильными десантами, рейдовыми отрядами и оперативно-маневренной группой, высылаемой от группировки, действующей с фронта, способен подорвать оперативную устойчивость тыла, дезорганизовать систему снабжения войск противника.

Обобщая сказанное, можно констатировать, что новый качественный уровень в развитии средств поражения, разведки, РЭБ, автоматизированных средств управления наземного и воздушно-космического базирования, достигнутый в последние десятилетия, поднимает военное искусство на новую ступень. Конечно, состояние нынешней технологической базы Вооруженных Сил Российской Федерации пока не позволяет стать вровень с объединенными вооруженными силами НАТО и утвердиться в нашем военном искусстве высокоточному сражению в качестве основной формы оперативно-стратегических действий, но одно несомненно - за ним будущее.

Особенности применения ССП в военных конфликтах на территории Российской Федерации

В конце второго тысячелетия Россия объективно стала страной, притягивающей интересы целого ряда государств как сопредельных, так и дальнего зарубежья, стремящихся проводить в отношении ее политику экспансии в различных формах и проявлениях.

В связи с кардинальным изменением расстановки и соотношения сил в мире существенно меняется характер угроз и оборонных задач для России. В этом вопросе у различных политических и других деятелей существует большой разброс мнений. В принципе вопрос о наличии или отсутствии угроз для того или иного государства зависит от того, как оно относится к своему суверенитету.

Если государство не имеет значительных природных ресурсов и по своим экономическим и демографическим возможностям неспособно отстаивать свои интересы и легко идет на удовлетворение требований других стран, то угрожать ему никто не будет.

Если государство обладает необходимым экономическим, оборонным и демографическим потенциалом и значительными природными ресурсами, то оно способно

отстаивать свои интересы, которые могут вступать в противоречие с интересами других стран и приводить к возникновению военных угроз.

Глобальная военная опасность для России исходит и будет исходить от стран, являющихся или способных стать в среднесрочной перспективе мировыми Центрами силы, обладающими ядерным оружием.

В то же время оценка военно-стратегической обстановки в мире показывает, что страны, обладающие стратегическими ядерными вооружениями, стремятся к снижению глобальной военной опасности. Складывающиеся отношения России с США, Китаем, Францией и Великобританией позволяют сделать вывод об уменьшении взаимной глобальной военной опасности на данном этапе и минимальной угрозе развязывания ядерной войны.

Однако эти государства обладают преимуществом в обычных средствах поражения, а это чревато, в конечном итоге, возможностью втягивания России в войну с применением таких средств.

Анализ современной военно-политической обстановки в мире показывает, что для России по-прежнему будут существовать источники региональной военной опасности, вероятность перерастания которых в военную угрозу будет велика. В первую очередь это относится к Европе. НАТО становится господствующей военной силой в этом регионе, на его долю приходится половина всех обычных вооружений на континенте, что позволяет иметь в три раза больше наземных вооружений и в два раза больше самолетов и вертолетов, чем России.

Такая же обстановка складывается и на Дальнем Востоке, где не только суммарная военная мощь США и Японии становится многократно больше, чем у России, но и индивидуальная военная мощь каждого государства сопоставима с возможностями России в регионе.

Кроме того, источником региональной военной опасности служат усиливающиеся территориальные и конфессиональные противоречия.

По отношению к глобальной и региональной локальная военная опасность имеет более подвижный характер и менее короткий процесс по времени перехода к непосредственной военной угрозе или вооруженному конфликту. Эта опасность практически существует по всему периметру границ России. Питательной средой для нее служат существующие чисто военные и территориальные противоречия, которые при определенных условиях могут перерасти в вооруженные конфликты.

Исходя из военных угроз, опасностей, расстановки военных и политических сил в мире и сопредельных с Россией государствах, а также возможных военно-политических целей агрессора, военные конфликты начала XXI века будут характеризоваться как:

приграничные вооруженные конфликты, где агрессором будут преследоваться цели: прорыв государственной границы для пропуска контрабандистов, террористов или потоков беженцев; реализация территориальных претензий к России; поддержка сепаратистских движений на сопредельной территории; провоцирование вступления в конфликт НАТО на стороне агрессора; получение доступа к ресурсам исключительной экономической зоны России. Вооруженный конфликт может стать следствием разрастания вооруженного инцидента, приграничного конфликта, вооруженной акции и других вооруженных столкновений ограниченного масштаба, в ходе которых для разрешения противоречий используются средства вооруженной борьбы;

локальные войны, которые могут быть развязаны с целями: реализации территориальных претензий к РФ; поддержки вооруженных сепаратистских движений на территории России с задачей отторжения от нее отдельных регионов, а также вытеснение российских миротворческих контингентов и российских военных баз в других государствах. Локальная война может вестись группировками войск (сил), развернутыми в районе конфликта, с их возможным усилением за счет переброски дополнительных сил и средств и проведения частичного стратегического развертывания вооруженных сил. При определенных условиях локальные войны могут перерасти в региональную или крупномасштабную войну;

региональные войны - это войны более крупного масштаба, которые будут проводиться с целями: разгрома основных военных сил РФ на ТВД, захвата значительной части территории, ослабления военно-политического руководства государства и содействия территориальному распаду РФ, ослабления международных позиций России, окончательного размывания и распада СНГ и системы межгосударственных отношений. Для ведения региональной войны потребуется полное развертывание вооруженных сил и экономики, высокое напряжение всех сил государств-участников. В случае участия в ней государств, обладающих ядерным оружием, либо их союзников, региональная война будет характеризоваться угрозой перехода к применению ядерного оружия.

Крупномасштабная (мировая) война, где государство-агрессор или коалиция государств будут преследовать цели военного и экономического разгрома РФ и/или ее союзников, расчленения и ликвидации России как государства - субъекта международных отношений. Эта война потребует мобилизации всех имеющихся материальных ресурсов и духовных сил страны.

Для каждого из этих конфликтов будет присущ свой отличный по времени угрожаемый период, менее продолжительный для вооруженных конфликтов и более - для крупномасштабной войны.

Стратегический характер военных конфликтов будет определяться возможностями участвующих в них государств, военно-политическими целями и поставленными стратегическими задачами по их достижению.

В этих условиях становится очевидной необходимость поддержания всех элементов военной организации государства и в том числе гражданской обороны в высокой боевой и мобилизационной готовности.

Каковы же последствия воздействия потенциального противника по объектам экономики и инфраструктуры Российской Федерации?

В вооруженных конфликтах и локальных войнах противник, стремясь достичь своих частных целей, будет стремиться не допускать эскалации конфликта и возможно ограничиться поражением объектов в районе конфликта или на близлежащих территориях с целью не допустить подход наших резервов.

Более подробно рассмотрим характер воздействия противника в самой опасной для нас крупномасштабной войне.

Последствия воздействия по объектам экономики и инфраструктуры Российской Федерации будут определяться средствами поражения потенциального противника. А он обладает мощным арсеналом самых современных высокоэффективных средств поражения, многие из которых могут поражать объекты на территории Российской Федерации не только в тактической, но и в оперативной, и даже стратегической глубине на удалении до нескольких тысяч километров от районов ведения бое-

вых действий войсками. Хотя необходимо признать, что на сегодняшний день вся территория России фактически «простреливается» на всю глубину с севера на юг и с запада на восток.

Такими средствами поражения являются ракеты всех типов (баллистические, крылатые) наземного, морского и воздушного базирования и авиабомбы, доставляемые в районы их пуска (сброса) различными носителями (стратегические бомбардировщики, тактическая авиация, корабли и подводные лодки).

Данные средства способны с высокой эффективностью поражать самые различные объекты (цели) военного и гражданского характера.

По расчетам на Европейской части Российской Федерации ударам высокоточным оружием может быть подвержено значительное количество многоэлементных объектов, в том числе атомной промышленности и энергетики, узлы транспортных коммуникаций, крупные административно-политические центры, предприятия и комплексы ведущих отраслей промышленности.

Только в течение первой воздушно-наступательной операции продолжительностью до 7 суток стратегические бомбардировщики могут нанести в Европейской зоне порядка 5 тыс. ударов высокоточным оружием.

Значительным ударным потенциалом обладают и крылатые ракеты воздушного и морского базирования для ударов по площадным хорошо защищенным средствами ПВО целям. Тактическая (истребители-бомбардировщики, штурмовики) и авианосная (палубная) авиация становятся одним из эффективных средств нападения. В боевом составе ВВС и ВМС США и их союзников в мирное время насчитывается около 7 тыс. ударных самолетов, размещенных на всех важных театрах военных действий и способных в одном вылете донести к целям свыше 80 тыс. управляемых авиационных бомб и ракет.

По опыту применения авиации НАТО против Югославии удары по объектам гражданской инфраструктуры могут быть нанесены уже в первые двое суток воздушно-наступательной операции.

Вывод из строя важных объектов экономики будет осуществляться, наиболее вероятно, не сплошным поражением их по площади, а уничтожением (сильным разрушением) наиболее важных (критических) элементов, размеры которых в десятки и сотни раз меньше площади самих предприятий.

При этом будут широко применяться диверсионно-десантные (разведывательные) группы и отряды. Многие из объектов экономики являются потенциально опасными с точки зрения воздействия вторичных факторов поражения — это взрыво-, пожаро-, радиационно-, ядерно-, химически опасные объекты, а также различные гидросооружения с водохранилищами, которые в результате разрушения являются дополнительным источником поражения всего окружающего, причем порой в больших масштабах, чем от прямого воздействия средств поражения (особенно на людей).

Исходя из боевых возможностей авиации вероятного противника, возможной продолжительности воздушно-наступательной операции (воздушной кампании), допустимого боевого напряжения, а также важнейших ТТХ боеприпасов, доставляемых к объектам поражения, потенциальных возможностей нашей системы ПВО, можно спрогнозировать боевые возможности вероятного противника по поражению объектов экономики и инфраструктуры России на начальном этапе (в ходе первой стратегической наступательной операции противника) обычной войны, суть которых может заключаться в следующем:

1. Для нанесения ударов по важнейшим административно-политическим центрам и объектам экономики в ходе первой воздушной наступательной операции противник может спланировать несколько тысяч ударов, что приведет:

к поражению различной степени нескольких тысяч объектов экономики и инфраструктуры;

к значительным разрушениям городов на территории всех регионов.

2. Вероятнее всего по малоразмерным (одиночным) объектам, независимо от их защищенности, противник будет применять управляемые авиационные ракеты типа AGM-65 «Maverick» различных модификаций и управляемые авиационные бомбы типа «Walleye» Мк.2 и GBU различных модификаций.

По площадным, в основном малозащищенным объектам (практически все цеха на различных предприятиях, взлетно-посадочные полосы аэродромов, технологические установки на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах, реакторные отделения АЭС и др.) противник, вероятнее всего, будет применять отдельные типы бомб, управляемые авиационные ракеты, неуправляемые боеприпасы фугасного и осколочно-фугасного (иногда бетонобойного, полубетонобойного. кумулятивного) действия и авиационные кассеты (типа LAD, AGM-130B), поражающие элементы которых могут поразить объекты на площади от 1300 до 2800 $м^2$ (с радиусами поражения 20 - 30 м).

3. Самое мощное воздействие следует ожидать по регионам Европейской части Российской Федерации (Центральному, Северо-Западному, Южному, Приволжскому и Уральскому).

В целом для регионов, попадающих в зону военных действий, обстановка будет достаточно сложной и будет характеризоваться следующими негативными последствиями:

нарушением управления с использованием общегосударственных средств связи;

нарушением железнодорожной сети на отдельных участках и частичными потерями подвижного состава;

изоляцией региона от поставщиков газа и нефти;

затруднением движения по крупным автомагистралям; дезорганизацией перевозок водным транспортом; нарушением движения на воздушном транспорте;

потерями производства объектов электроэнергетики в регионе; дезорганизацией межсистемных связей энергосистем регионов и прекращением снабжения потребителей.

Для возможных сценариев вооруженных конфликтов и войн имеются как общие, так и специфические характерные черты, и особенности.

Отметим, что с каждым новым конфликтом расширяется круг задач, возлагаемых, например, на КР воздушного и морского базирования. Интенсивность их использования постоянно возрастала по мере того, как выявлялись их преимущества перед другими видами оружия. В ходе первых четырех дней операции «Буря в пустыне» на КР пришлось только 16 % ударов. Но уже через два месяца - 55 %. В период проведения операции «Лис пустыни» (1998) КР было нанесено около 72 % всех ударов (более 370 КР). И если в ходе «Бури в пустыне» за 43 дня воздушной кампании по противнику выпустили 282 КР «BGM-109 Tomahawk», то в операции «Свобода Ирака» - уже около 700 в течение 15 суток.

Кроме того, в ходе военных конфликтов будут применяться ранее не известные формы и способы ведения операций и боевых действий, а сама вооруженная борьба

будет вестись во всех сферах - на суше, в воздухе-космосе и на море при возрастающей роли средств воздушно-космического нападения.

При этом особое внимание ВС США уделяется поражению объектов экономики и инфраструктуры. Наличие высокоэффективных боеприпасов на средствах воздушного нападения противника при условии 10-30 % выделения ресурса средств поражения для нанесения ударов по важнейшим административно-политическим центрам и объектам экономики в ходе первой воздушной наступательной операции позволит противнику спланировать по ним от 17 до 24 тыс. ударов.

Такое интенсивное (и по количеству, и по времени) воздействие современных средств поражения по большинству важнейших объектов экономики вызовет не только их массовое разрушение и нарушение функционирования, но и сильное воздействие не только первичных, но и особенно вторичных факторов поражения, вызванных нарушением состояния опасных объектов (химических, радиационных, ядерных и др.), гидросооружений (плотин ГЭС и водохранилищ), что приведет к массовому поражению людей и животных на больших территориях и многим другим негативным последствиям, если своевременно не будут предприняты меры защиты.

Таким образом, человечество переходит к войнам и вооруженным конфликтам функционально-структурного, избирательного воздействия.

Главное в таких войнах и конфликтах - создание в противоборствующей стране (как правило, до начала военных действий) внутриполитического и экономического хаоса («слом национальной воли») мерами информационно-психологического и иного воздействия, а также вывод из строя в самом начале военного конфликта систем и объектов, определяющих возможность государства и его силовых структур нормально функционировать (систем государственного и военного управления, важнейших объектов энергетики, финансов, жизнеобеспечения, стратегических и др.). Тем самым можно будет в самом начале военных действий поставить противника на грань неотвратимого военного поражения.

Разгрому систем государственного и военного управления, а также мерам информационно-психологического, информационно-технического и силового воздействия на государство в целом, проводимым в рамках информационного противоборства, отводится решающая роль.

После дезинтеграции СССР военные конфликты, угрожающие безопасности России, имеют место и возможны в дальнейшем преимущественно на южных направлениях вследствие нестабильности процесса государственного строительства во вновь образованных странах, неразрешенных территориальных, национально-этнических, конфессиональных и других противоречий между ними и внутри них, перераспределения сфер влияния между традиционными и вновь образующимися центрами силы.

Не устранена полностью и опасность эскалации таких конфликтов с вовлечением в них России и государств-членов НАТО. При худшем варианте развития сценария - на разных полюсах конфликта. Конечно, эта ситуация относится к разряду гипотетических, но исключать ее полностью было бы ошибочным, что подтверждается военно-политическими событиями на протяжении всей истории России.

Следует полагать, что в данной гипотетической конфликтной ситуации политические цели со стороны США и НАТО в отношении России будут ограниченными, учитывая фактор российского ядерного потенциала и прекрасную историческую память западных политиков. Содержание и направленность политических целей будут определяться национальными интересами государства-лидера и других стран воз-

главляемой им коалиции. Как известно, сущность последних состоит в том, чтобы, во-первых, на пространстве бывшего СССР вновь не возникла структура, способная соперничать с США и другими государствами НАТО, во-вторых, чтобы на этом пространстве поддерживалась относительная стабильность и, в-третьих, чтобы гарантировалась неприкосновенность собственности западных инвесторов и обеспечивалась возможность беспрепятственного доступа к дешевым природным ресурсам России. Вероятность выдвижения подобных целей подтверждается и анализом доктринальных установок этих государств.

Открыто целевые установки могут декларироваться как направленные на поддержание мира на территории «бывшего СССР», или в защиту «прав человека», или развитие демократии и, по формальным правовым основаниям, могут быть поддержаны мировым сообществом, за небольшим исключением.

Главное содержание стратегических целей противоборствующей с Россией стороны в подобной «миротворческой операции» может заключаться в подрыве военно-экономического потенциала России и в ограничении ее геополитического пространства и сферы влияния.

Способы реализации названных выше политических и стратегических целей со стороны западных стран могут быть различными. В условиях политической конфронтации они могут достигаться путем поддержания, в том числе через третьи страны, имеющихся и провоцирования новых военных конфликтов по периметру границ Российской Федерации и союзных ей государств СНГ. Это проверенный длительной практикой межгосударственных отношений и оправдавший себя способ. Но пока еще рано окончательно исключать прямое вооруженное вмешательство, в первую очередь, с использованием военно-воздушных и военно-морских сил. Очевидно, обеспечение именно таких возможностей и преследуется путем создания соответствующего плацдарма в процессе расширения НАТО на Восток.

С учетом геополитического положения России, вооруженной борьбе в том или ином регионе (стратегическом районе) могут быть присущи не только приведенные выше общие черты вооруженной борьбы с «высокотехнологичными армиями», но и свои особенности, обусловленные составом и состоянием противостоящего противника, развитием инфраструктуры, физико-географическими и климатическими условиями, а также рядом других факторов.

В сложившихся неблагоприятных условиях Россия не может игнорировать подавляющего превосходства потенциального противника (даже совместно с ее союзниками по СНГ) по всем параметрам военного потенциала. Поэтому вынудить более сильного противника к прекращению агрессии на приемлемых для нее условиях представляется возможным лишь за счет понижения порога применения ядерного оружия. Такова логика сдерживания.

Альтернативой этому может быть и другой способ ведения войны: растягивание вооруженной борьбы в пространстве и во времени и максимальное использование этого фактора для нанесения военного поражения или больших потерь агрессору активными маневренными действиями войск и сил. Одновременно в тыловых районах противника, на его территории может быть развернута «партизанско-диверсионная война» специально подготовленными для этих целей мобильными силами «специальных операций».

Подобная стратегия, в сочетании с умелым использованием политико-дипломатических, международно-правовых, информационно-психологических, эко-

номических и других средств, фактора ядерного сдерживания, наконец, может вынудить избегающего затяжного военного конфликта, чувствительного к людским и материальным потерям и мнению мирового сообщества противника пойти на переговоры и заключить мир на взаимоприемлемых условиях.

В отличие от локальных и региональных войн, характерными отличительными чертами внутренних и приграничных вооруженных конфликтов, равно как контртеррористических операций и операций по принуждению к миру, могут быть: ограниченность поставленных целей, участие в вооруженной борьбе как регулярных войск, так и иррегулярных формирований, тактический или оперативный масштаб военных действий, избирательное поражение военных объектов при ограниченном применении сухопутных войск, но при самом широком применении сил специального назначения (специальных операций) во взаимодействии с пограничными, внутренними войсками и милицией (полицейскими силами). В подобных конфликтах не исключена угроза применения террористами в ограниченном количестве оружия массового поражения, в первую очередь химического, биологического и радиоактивных веществ.

Целью применения Вооруженных сил и других войск в подобных конфликтах может быть локализация района боевых действий, лишение противоборствующей стороны возможности продолжать организованную борьбу и принуждение ее к мирному разрешению конфликта.

Чрезвычайно возросшая мощь оружия в войнах последнего столетия стала сопровождаться огромными потерями населения и экономики, а появление ОМП вообще поставило под сомнение возможность воспользоваться плодами победы в силу негативных экологических и иных последствий.

Отсюда возникла и развивается идея управления международными кризисами и военными конфликтами. Цель управления - принудить противника или соперника к принятию навязываемых ему условий (это традиционно), но без существенных материальных, а главное - людских потерь. Прежде всего, со своей стороны.

Эта цель и определяет границы применения силы по следующим основным показателям:

ограничение театра военных действий по пространству - границами государства, жертвы агрессии;

ограничение вооруженного противоборства по физическим сферам - борьба в воздухе и в космосе и воздействие из этих сфер по наземным объектам;

ограничение вооруженной борьбы по средствам - недопущение применения ядерного и других видов ОМП.

В целом сущность управления военным конфликтом в военно-техническом плане заключается в навязывании противнику тех способов и форм противоборства, использование тех сил и средств, в которых активная сторона имеет явное преимущество.

Под влиянием этих и других факторов стратегические цели и задачи войны, формы и способы ее ведения, т.е. основные черты характера войн стали видоизменяться.

Какие же основные тенденции этого процесса нам следует выделить?

Во-первых, стремление к тотальному физическому уничтожению противника трансформировалось в уничтожение его ключевых жизнеобеспечивающих объектов и лишение способности организованного функционирования основных институтов государства и группировок вооруженных сил.

Во-вторых, непосредственный контакт сражающихся войск стал заменяться огневым контактом на удаленных дистанциях. Дистанционное противоборство стало превалировать над контактным, повысился удельный вес «дальнего поражения», что, в свою очередь, приводит к исчезновению четкого разделения понятий тыл и фронт.

В-третьих, наряду с физическим воздействием на население и войска, исключительную роль стало приобретать информационное воздействие: в том числе информационно-техническое, направленное главным образом против систем управления войсками и оружием, и информационно-психологическое, направленное против личного состава вооруженных сил и населения.

В-четвертых, общая цель войны - принуждение политического руководства страны-жертвы принять навязываемые агрессором условия - все чаще достигается не только и не столько непосредственным применением военной силы, а активным использованием стратегии непрямых действий с присущими ей политико-дипломатическим и финансово-экономическим давлением, информационным воздействием, международно-правовыми и экономическими санкциями, подрывными акциями сил специальных операций, подкрепленными демонстрацией военной силы и готовности к ее применению.

Когда этот комплекс средств не приносит желаемых результатов, военная сила применяется непосредственно. И тогда воля политического руководства жертвы агрессии к сопротивлению ломается за счет подрыва жизненных сил страны путем уничтожения ключевых объектов управления, энергетики и промышленности при параллельном внушении ее народу (равно как и мировому сообществу) мысли о неспособности действующего руководства эффективно управлять государством. Самые свежие живые примеры тому - Ирак и Югославия.

Применительно к задачам гражданской обороны, решаемым органами исполнительной власти на федеральном и территориальном уровнях, необходимо прогнозирование обстановки, которая может сложиться вследствие воздействия современных средств поражения потенциального противника по объектам экономики, инфраструктуры на территории России.

Глава 3. Развитие нетрадиционных средств ведения войны

3.1. Оружие на новых физических принципах[24]

Нетрадиционные виды оружия, предназначены, прежде всего, для того, чтобы лишить противника возможности активного сопротивления. Основаны они на новейших достижениях и открытиях в области фундаментальных и прикладных наук. Поскольку они используют физические принципы, которые до сих пор в массовом вооружении не применялись, их иногда называют *«оружием на новых физических принципах»*. Разновидностей такого оружия много: акустическое, лучевое, лазерное, плазменное, ускорительное (пучковое), рентгеновское, радиологическое, протонное, гамма-лазерное, радиочастотное, электромагнитное, тепловое, скалярное...

Это далеко не полный список всего того, что за последние годы введено в действие или находится в стадии разработки:

генераторы звука, причиняющие невыносимую боль;

стробоскопы, вызывающие тошноту;

дезориентирующие лазеры;

ослепляющие вспышки;

изотропные радиаторы (вид оружия, которое выбрасывает лазерные лучи, ослепляющие людей и оптические приборы);

лазерные лучи, от которых лопаются глазные яблоки;

ультразвуковые лучи, столь мощные, что могут разрушать здания, а также внутренние органы солдат противника;

снотворные газы, которые могут погружать в сон целые армии;

широкий спектр галлюциногенов, добавляемых в системы питьевой воды;

топографические изображения, дезориентирующие или морально подавляющие противника;

генераторы инфранизких частот, которые могут проецировать голоса в мозг человека или разрушать его иммунную систему;

газы, которые не убивают, но выводят противника из строя;

электромагнитные пистолеты;

инфракрасные передатчики, которые могут поджигать здания;

аэрозоли, делающие металлы хрупкими;

сверхъедкие вещества – в сотни раз сильнее обычных токсичных веществ;

неядерные электромагнитные импульсы, способные на больших расстояниях взрывать склады боеприпасов и выводить из строя электронику и т.п.

Оружие на новых физических принципах может применяться как для летального поражения, так и для кратковременного выведения из строя живой силы противника (оружие несмертельного действия). Оно может эффективно использоваться против вооружения и военной техники, важных объектов экономики и инфраструктуры, для разрушения информационного и энергетического пространства противника, нарушения психического состояния его населения.

Геосферное, биосферное и психосферное оружие

Сам факт наличия геосферного (геофизического) оружия до настоящего времени официально не признан ни одной страной. Однако оно реально существует, а масштабы и последствия его применения таковы, что геофизическое оружие с полным основанием можно назвать глобальным оружием массового поражения, и даже «апока-

[24] Ткаченко Т.Е. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

липсическим». В отличие от оружия прошлых веков, оно затрагивает не только отдельные зоны военных конфликтов, но всю сферу обитания человека – от земных недр до космического пространства. Для поражения противника оно часто использует природные явления и процессы. Сгенерированные искусственным путем они вызывают стихийные бедствия, провоцируют локальные изменения климата, уничтожают источники и запасы природных ресурсов, поражают флору и фауну. Оружием становится сама Земля.

Сегодня геофизическое оружие обладает довольно широким спектром источников энергии и механизмов воздействия на природную среду. В зависимости от среды, в которой применяется это оружие, условно можно выделить следующие его виды: литосферное (тектоническое, геологическое), гидросферное (гидрологическое), метеорологическое (погодное), озонное (биокосмическое), ионосферное и магитосферное (геокосмическое, климатическое) оружие.

Биосферное оружие условно можно разделить на две категории. К первой можно отнести экологическое оружие. Оно предназначено не столько для поражения человека, сколько для избирательного воздействия на биологическую среду его обитания – растительный и животный мир. Вторая категория – биологическое оружие. Оно непосредственно или косвенно воздействует на физиологию человека, нарушая его нормальное функционирование. При этом оно может повреждать организм человека как напрямую, так и косвенно – медленно разрушая его жизнестойкость, подрывая защиту от инфекционных и метеорологических факторов. Следствием применения такого оружия может быть постепенная гибель людей или долговременный вывод их из строя. Результатом применения биосферного оружия может стать стихийная деморализация населения противника, вызванная повсеместными вспышками инфекционных заболеваний. К современным разновидностям биологического оружия можно отнести генетическое, этническое и расовое оружие.

Психосферное оружие. Борьба с противником ведется разными способами: военными, политическими, экономическими. Самым действенным и опасным всегда считалось оружие, которое меняет сознание противника, заставляет его неадекватно воспринимать реальность, бессознательно принимать неправильные решения, совершать гибельные для себя поступки. Традиционные приемы информационно-психологической войны дополнились широким спектром новых средств. Они способны целенаправленно и эффективно воздействовать на сознание, волю, чувства и настроения людей, существенно ослабляя моральный дух противника, дезорганизуя его систему государственного и военного управления.

Кроме традиционных информационных и психологических средств, в арсенал сегодняшнего психосферного оружия входят: психотропное (медикаментозное) оружие (нейролептики, психоделики, наркотики), психотронное (техногенное и психогенное воздействие на мозг), виртуальное и кибернетическое (компьютерные вирусы, разрушающие программное обеспечение и информацию в банках данных) оружие, а также нетрадиционные виды пси-оружия (парапсихологическое, экстрасенсорное, дистантное, магическое, техномагическое). В борьбе за достижение превосходства в духовной сфере, как особо перспективное и только начинающее свое становление, является ноосферное оружие. Используя новейшие методики и аппаратные средства, это оружие позволяет воздействовать на индивидуальное и коллективное сознание через информационное поле планеты. Именно владение технологиями психосферной войны, станет решающим фактором достижения победы над противником.

Одним из направлений очередной революции в военном деле является разработка *оружия несмертельного (нелетального) действия.* Суть этого вооружения, которое создается на основе самых разных химических, биологических, физических и иных принципов, в том, что оно должно минимизировать потери живой силы и материальных ценностей противника.

Некоторые его виды вызывают массовые заболевания людей (нередко со смертельным исходом), необратимые повреждения глаз и внутренних органов, ведущие к пожизненной инвалидности.

Другой особенностью этого оружия является сильное психологическое воздействие на противника не только в момент применения, но даже просто в ожидании такого применения. Средства не смертельного воздействия рекомендуется применять не только при наступлении или в обороне, но и при проведении специальных операций: для вывода из строя пунктов управления, тыловых объектов и коммуникаций противника. Это же оружие рекомендовано как полицейское при межнациональных и других конфликтах, для борьбы с терроризмом, контрабандой, наркобизнесом.

Помимо биосферного, геосферного и психосферного оружия, к нетрадиционному оружию на новых физических принципах можно отнести *акустическое, лучевое, электромагнитное, скалярное, химическое и биологическое нового поколения, кибернетическое оружие.*

Акустическое оружие. Одним из самых перспективных видов несмертельного оружия считается акустическое оружие. Оно охватывает три характерных диапазона частот: инфразвуковая область – ниже 20 Гц (герц), слышимая – от 20 Гц до 20 кГц и ультразвуковая – свыше 20 кГц. Объектом воздействия является организм человека, а также радиоэлектронные средства, которые работают на принципе приема и преобразования акустических волн.

Известно несколько основных способов применения инфразвукового оружия: генераторы инфразвука, действующие «направленными лучами» (боевые звуковые пушки), инфразвуковые «бомбы», сбрасываемые на противника, а также устройства, формирующие акустические «пули», излучаемые антеннами большою диаметра. Для генерирования инфразвука возможно также использование реактивных двигателей, снабженных резонаторами с отражателями звука.

Параллельно с боевым акустическим оружием, ведется разработка несмертельного акустического оружия для установки с регулируемой частотой на вертолете, а также акустического пучкового оружия, работающего на основе термоакустического резонатора с частотой от 20 до 340 Гц.

Ультразвуковое оружие обладает специфическими возможностями. При коротких импульсах в результате кавитации могут образоваться пузырьки и микроразрывы тканей. Это оружие позволяет выводить из строя психику и нервную систему человека, полностью лишать человека памяти. Применяется при дистанционном зомбировании человека, в том числе скрытном.

К электромагнитному оружию относят оружие, в котором для придания начальной скорости снаряду используется магнитное поле, либо энергия электромагнитного излучения используется непосредственно для поражения цели. Предназначено для того, чтобы лишить противника боеспособности, не уничтожая его физически.

Пульсовое оружие. Это своего рода дистанционный электро-шокер. Его задача – электрическим ударом на большом расстоянии обездвижить противника или вывести из строя технику. К такому оружию, в частности, можно отнести новый тип инди-

видуального оружия – тетанайзеры, или тетанизаторы, позволяющие временно обездвиживать человека или животных на удалении до 100 м. В перспективе дальность поражения живых объектов планируется довести до двух и более километров. Опасным может быть не только мощный электрический импульс, но и луч лазера прицеливания. Безопасный для открытых кожных покровов, он способен серьезно повредить роговицу глаза жертвы.

Искусственные молнии. В последнее время зарождается и новая разновидность диверсионного электромагнитного оружия. Оно предназначено для поражения целей искусственно инициированными молниями.

Электромагнитные боеприпасы. Ведутся работы по созданию и совершенствованию одноразовых ЭМИ-боеприпасов, на базе крылатых ракет и управляемых бомб. Их планируют использовать не только как средство «первого дня войны» (для парализации систем ПВО, управления и коммуникаций), но и как способ разрушения систем безопасности и доступа в бункеры, где хранятся химические и биологические боеприпасы.

Радиочастотное (микроволновое) оружие. Одним из перспективных видов электромагнитного оружия американские специалисты считают генераторы микроволновых колебаний. Генераторы микроволнового излучения, предназначены для дистанционного воздействия на большие скопления людей. Микроволновое излучение способно поражать не только человека, но и технику. Установленные в космосе или на самолетах боевые генераторы микроволнового излучения могут быть использованы как для поражения космических и воздушных целей, так и для поражения наземных объектов (образцов вооружения, складов с боеприпасами, горюче-смазочными материалами). Сконцентрировав на таких объектах пучок миллиметровых (КВЧ) волн, можно создать тепловой сгусток, достаточный для воспламенения горючих предметов и взрывчатых веществ.

Поражающее действие лучевого оружия основано на использовании остронаправленных лучей электромагнитной энергии или концентрированного пучка элементарных частиц, разогнанных до больших скоростей. Лучевое оружие способно вызывать не только термические эффекты, но и радиационные поражения. Основным преимуществом такого оружия является скрытность его применения (отсутствие внешних признаков в виде огня, дыма, звука), высокая точность, прямолинейность распространения, практически мгновенное достижение цели, так как электромагнитное излучение распространяется со скоростью света.

Основными разновидностями лучевого оружия являются лазерное, рентгеновское, гамма-лазерное и пучковое (ускорительное) оружие.

Лазерное оружие. Их принцип действия основан на излучении мощным квантовым генератором (лазером) электромагнитных волн оптического диапазона. Энергия, излучаемая лазером, распространяется в пространстве в виде узконаправленного луча с высокой степенью концентрации. Поражающее действие лазерного луча основано, прежде всего, на эффекте высокотемпературного нагрева. Он вызывает расплавление, и даже испарение материалов, прожигание топливных баков, повреждения электроники и сверхчувствительных элементов, ослепление органов зрения и нанесение человеку термических ожогов.

Гамма-лазерное оружие пока находится в стадии разработки. В отличие от обычных оптических лазеров гамма-лазер (гразер) генерирует не свет, а гамма-лучи, которые по мощности превосходят рентгеновские. Принцип действия гамма-лазеров аналогичен лазерам оптического диапазона, однако их устройство намного сложнее.

Рентгеновское оружие. Интерес к рентгеновскому оружию как к возможному средству поражения живой силы и техники довольно большой. Во-первых, энергия рентгеновского излучения в сотни и тысячи раз больше, чем у лазеров оптического диапазона. Во-вторых, оно способно проникать сквозь значительные толщи различных материалов, не отражаясь от преград как лазерные лучи.

Ускорительное (пучковое) оружие. Поражающим фактором ускорительного оружия служит остронаправленный пучок насыщенных энергией заряженных (электроны, протоны) или нейтральных частиц, разогнанных мощным генератором до больших скоростей. Для повышения поражающего эффекта предполагается наносить не одиночные, а групповые удары по 10-20 импульсов в каждом. Мощный поток энергии поражает цель сильным механическим ударом, а также интенсивным тепловым воздействием. При этом он вызывает краткое рентгеновское излучение. Объектами поражения могут быть корпуса и электронное оборудование космических аппаратов, баллистических и крылатых ракет, различных систем военной техники. С помощью мощного потока электронов можно будет вызывать дистанционный подрыв боеприпасов, расплавлять ядерные заряды головных частей. Это оружие может быть применено и против живой силы.

Разновидностью ускорительного оружия является плазменное оружие. Основным его средством поражения является сгусток плазмы — плазмоид, который представляет собой облако разогретого ионизированного газа. Типичным примером плазменного облака является шаровая молния. В воздушный канал, предварительно разогретый микроволновым или лазерным излучением, специальный генератор «вбрасывает» высокотемпературный плазменный сгусток, который скоростью около одной пятой скорости света настигает и поражает цель. В случае промаха или отсутствия преграды на своем пути плазмоид бесследно рассеивается в воздухе.

Сегодня интенсивно ведутся работы по созданию оружия нового поколения на основе искусственного протонного распада (ИПР). Топливом для этого протонного оружия может служить любое вещество. Всего четверть грамма его способно выделить энергию, равную взрыву 25 тыс. тонн тротила. Это больше мощности ядерных бомб, сброшенных американцами на японские города в 1945 г. На принципе ИПР разработчики надеются создавать генераторы любой мощности и назначения: от индивидуальных боевых излучателей до стратегических космических комплексов с любой точностью действия. Это будет революция в военных технологиях: мощность лучевого оружия на базе ИПР теоретически не имеет пределов.

К разновидности электрического оружия можно отнести и скалярное оружие, основанное на применении многоэлементных трансляторов, позволяющих преобразовывать электромагнитную энергию в энергию скалярной волны.

К нетрадиционным видам оружия относят:

радиологическое оружие, основанное на использовании боевых радиоактивных веществ в виде порошков или растворов вещества;

тепловое (термическое) оружие, использующее в качестве поражающего фактора высокотемпературные зажигательные средства, доставляемые к целям высокоточным оружием;

графитовые бомбы, оснащенные токопроводящими нитями из композиционного материала на основе углерода, эффективны для вывода из строя энергетических объектов. При попадании на высоковольтные линии, подстанции, эти нити вызывают множественные короткие замыкания, значительные повреждения оборудования и пожары;

гелиофизическое оружие, создающее в атмосфере и стратосфере «плазменный канал», по которому к поверхности Земли проникает губительная солнечная радиация;

кибернетическое оружие, наносящее удар по компьютерным сетям и информационным системам противника с помощью вредоносных программ (вирусов) и хакерских атак;

биологическое оружие нового поколения, которое ускоряет разрушение конструкционных и других материалов (меняет структуру металлов и сплавов, резин, полимеров, трансформирует горюче-смазочные материалы в желеобразную массу);

химическое оружие нового поколения, изменяющее структуру и свойства металлов и сплавов, изменяющее параметры горения, а также вызывающие снижение боеспособности и подвижности живой силы (суперсмазки, превращающие шоссе, рельсовые пути и взлетные полосы в сверхскользкие катки; клейкие вещества, мгновенно склеивающие детали оружия и агрегаты машин, синтетические пены, обладающие высочайшей липучестью; «супертуман», представляющий собой абсолютно непрозрачный аэрозоль, непроницаемый для световых и тепловых излучений и делающий бессильными любые оптические приборы и прицелы).

Биосферное оружие условно можно разделить на две категории. К первой можно отнести экологическое оружие. Оно предназначено не столько для поражения человека, сколько для избирательного воздействия на биологическую среду его обитания – растительный и животный мир. Жизненно необходимые для человека природные ресурсы, которые оно поражает, весьма ограничены и практически не возобновляемы.

Вторая категория – биологическое оружие. Оно непосредственно или косвенно воздействует на физиологию человека, нарушая его нормальное функционирование. Современными разновидностями биологического оружия являются генетическое, этническое и расовое оружие.

Экологическое оружие считается последним словом развития нетрадиционного оружия. Оно способно вызывать поистине катастрофические изменения биосферы. Искусственная эрозия почвы, гибель растительного и животного мира могут не только оставить противника без продовольствия, но и привести к катастрофическому изменению среды его обитания. Химические, зажигательные и биологические средства, которые сегодня имеются в распоряжении военных, способны полностью уничтожить поверхностный плодородный слой почвы и нанести непоправимый ущерб флоре и фауне на огромных территориях.

Генетическое оружие. Под этим термином сегодня понимают вещества химического или биологического происхождения, способные вызывать в человеческом организме мутации (изменения структуры) генов, сопровождающиеся нарушением здоровья или запрограммированным поведением людей.

Этническое оружие определяется сегодня как оружие, предназначенное для поражения отдельных этнических и расовых групп людей путем целенаправленного химического или биологического воздействия на клетки, ткани, органы, системы организма человека, обладающие определенными внутривидовыми групповыми наследственными особенностями.

Опасность генетически модифицированных организмов (ГМО) и трансгенных продуктов кроется не только в их возможной «боевой» запрограммированности, но и в невыясненных до конца принципах работы генетического механизма человека. Уже сейчас

ясно, что гены в организме разных этнических групп взаимодействуют друг с другом, а тем более с чужеродными генами.

Объектами воздействия этнического оружия могут стать животные, растения, микрофлора почвы, специфичные для того или иного региона. В организмах людей, постоянно проживающих на определенной территории, наследственно передаются генетически обусловленные биохимические особенности. Они зависят от климатических факторов и привычной воды, инфекционной обстановки и особенно от традиционной пищи. Генетическая модификация почвы, растений и животных, употребляемых в пищу, обязательно скажется на здоровье местных жителей. Такое «этническое» воздействие на среду обитания сегодня рассматривается как оружие стерилизации (лишения способности к деторождению) и средство геноцида.

В геофизическом (геосферном, экологическом) оружии – оружия, в котором объектом и средством воздействия является окружающая природная (геофизическая) среда: гидросфера, литосфера, приземные слои атмосферы, озоносфера, магнитосфера, ионосфера, околоземное космическое пространство.

Оружием массового поражения пытаются сделать:

активные процессы в земной коре (землетрясения, извержения вулканов, тектонические сдвиги);

неистовства водной стихии (наводнения, цунами, штормы, сели);

атмосферные катастрофы (ураганы, тайфуны, торнадо, смерчи, ливни);

губительные космические излучения, прорывающиеся сквозь озонный слой и выжигающие биологическую жизнь на Земле;

общее состояние климата на определенной территории (засухи, заморозки, эрозия почвы).

В зависимости от среды, в которой происходят геофизические процессы, существуют виды геосферного оружия:

литосферное (тектоническое) оружие (средства искусственного инициирования разрушительных землетрясений, извержения вулканов и других катастрофических процессов в земной коре);

гидросферное оружие (средства воздействия на гидросферу с целью высвобождения в разрушительных целях колоссальной энергии воды);

метеосферное (метеорологическое, погодное, тропосферное) оружие (средства непосредственных и косвенных активных воздействий на нижние слои атмосферы Земли с целью нанесения ущерба противнику);

озоносферное (озонное) оружие (средства для разрушения защитного озонного слоя, расположенного в стратосфере на высотах от 10 до 50 км);

ионосферное и магнитосферное оружие (средства воздействия в военных целях на местный или глобальный климат планеты, на технические средства и психическое состояние людей).

Литосферное или тектоническое (сейсмическое, геологическое) оружие основано на высвобождении энергии твердой «скорлупы» нашей планеты – литосферы. Его назначение – искусственно вызывать разрушительные землетрясения, извержения вулканов, перемещения литосферных плит и геологических образований в любой заданной точке планеты.

Гидросферное оружие основано на использовании в военных целях колоссальной энергии гидросферы. Самыми мощными поражающими факторами этого оружия являются искусственно инициируемые сильные волны (типа цунами), подводные мутьевые и

селевые потоки, газогидратные извержения и другие гидрофизические явления. Искусственный сход горных ледников и снежных лавин, селей, прорыв дамб, плотин – это тоже арсенал гидросферного оружия.

Метеосферное оружие называют по-разному: атмосферное, метеорологическое, метеосферное, погодное. Суть его одна – в намеренном воздействии на процессы погодообразования, происходящие в нижней части газообразной оболочки Земли, – атмосфере. Метеосферное оружие прежде всего, погодное оружие – наиболее исследованный на сегодня вид геофизического оружия. Иногда его называют климатическим. В отличие от климатического, погодное оружие гораздо более локально и краткосрочно. Его сфера – атмосферные катастрофы: ливни, смерчи, торнадо, тайфуны. Воздействуя на атмосферные процессы, оно способно, хотя и временно, но существенно повлиять на сельскохозяйственное производство, развитие экономической и политической ситуации в стране, против которой оно применено. Зона «ответственности» климатического оружия масштабнее – общее состояние климата на определенной территории, организация засух, длительного похолодания, – долгосрочные и на больших территориях эрозии почвы.

Следующее применение метеорологического оружия – изменение прозрачности атмосферы в районе боевых действий. Создавая плохую видимость, можно скрыть от противника передислокацию своих войск. Создание над своими позициями тумана или повышенной облачности значительно ослабляет возможности спутниковой, авиационной и оптической разведки противника. Это улучшает возможность внезапного нанесения ударов, а также условия для скрытного проникновения в стан врага своих диверсионно-разведывательных групп.

Озоносферное оружие. Серьезное и долгосрочное воздействие на противника может оказать и разрушение озонного слоя над его территорией. Локальное истощение озоносферы нарушит тепловой баланс на атакованной территории. Это опасно для районов неустойчивого, критического земледелия. Любое изменение температурного режима, «контролируемого» озоном, приведет к нарушению сезонных циклов растительности, заболачиванию местности или – к наступлению пустынь.

Ионосферное оружие стало самое масштабное по географии применения и по глобальности последствий. И самое бесчеловечное по своей беспощадности и жестокости из всего того, что применяло человечество в своей истории. Само оружие, в привычном смысле слова, начинает исчезать – оружием становится сама Земля.

Магнитосферное оружие. Подобно естественным плазмоидам в ионосфере предлагается создавать «боевые плазмоиды» в узлах напряженности магнитосферы, формируя в них так называемые «магнитосферные линзы». Благодаря специальной «накачке», в этих узлах представляется возможным значительно усиливать направленные магнитодинамические напряжения, вызывать «направленные магнитные бури» со всеми негативными последствиями, усиленными во много раз. В образовавшийся на месте «боевого плазмоида» пробой начнет хлестать внешняя (солнечная и космическая) энергия. Ни ионосфера, ни атмосфера такого гигантского потока не выдержит, и губительный солнечный ветер достигнет поверхности Земли. Это и будет «апокалиптическим» оружием.

3.2. Средства нелетального поражения людей[25]

Оружие несмертельного действия, или оружие нелетального действия — оружие, которое при обычном применении не должно приводить к гибели или серьёзным травмам у тех, против кого оно направлено. Основная цель использования такого оружия — нейтрализация, а не поражение противника; ущерб здоровью и физическому состоянию людей при этом должен быть сведён к минимуму.

Оружие несмертельного (нелетального) действия, условно называемое в средствах массовой информации «гуманным», предназначено для временного выведения из строя живой силы противника, без причинения перманентного ущерба для здоровья людей.

К данной категории относится обширный комплекс механических, химических, электрических и светозвуковых устройств, используемых правоохранительными органами и спецслужбами для оказания психофизического, травматического и удерживающего воздействия на правонарушителя, временного вывода его из строя, а также армейским спецназом — для захвата противника живым.

Использование нелетального оружия призвано свести к минимуму возможность непреднамеренных жертв. Полностью это исключить невозможно, но такие случаи крайне редки. Наиболее характерными причинами, которые могут привести к гибели человека при применении нелетального оружия, являются случайные выстрелы, рикошеты, неумелое обращение с оружием и противоправное применение его, а также наличие у жертвы скрытых медицинских проблем.

Поскольку различные части тела человека отличаются по степени уязвимости, а сами люди различаются по физическому состоянию, то любое оружие, способное выводить из строя, вероятно, будет способно при определённых обстоятельствах стать орудием убийства. Применение пластиковых, резиновых пуль и других «несмертельных» боеприпасов может стать причиной контузий, переломов рёбер, сотрясения мозга, потери глаз, поверхностных повреждений различных органов и кожи, повреждений черепа, разрывов сердца, почек, печени, внутренних кровоизлияний и даже смерти.

Травматические патроны с резиновыми или пластмассовыми пулями, предназначенные для использовании в полицейском или боевом огнестрельном оружии.

Травматическое оружие, специально сконструированное для стрельбы травматическими боеприпасами: например, пистолеты «ОСА» и «Макарыч».

Водомёты — устройства, оказывающие физическое воздействие струями воды под большим давлением. Как правило, не наносят сколько-нибудь тяжёлых травм, но способны вызвать переохлаждение, а при отрицательной температуре — и обморожение, в том числе с летальным исходом. Могут быть сооружены на основе подручных средств (в частности, пожарных брандспойтов). Являются одними из наиболее распространённых и популярных средств борьбы с беспорядками.

Слезоточивый газ, «вонючий» заряд, перечный газ, психотропные отравляющие вещества — химические вещества, вызывающие раздражение органов восприятия (слезотечение, резь, «звон в ушах»), органов дыхания (кашель, удушье), кожи (жжение, воспаление), нервной системы и психики (галлюцинации, потеря сознания, чувство ужаса и страха, паника) делающие невозможным продолжение осознанной деятельности в зоне воздействия. В зависимости от свойств смеси может быть отне-

[25] Мухин В.И. Каф. 31 «Информационных систем и технологий»

сено к химическому оружию, запрещённому ООН. Подобные средства могут использоваться дистанционно: как специальные патроны для ружей, так и как отдельное оружие, вроде FN 303 (самозарядное пневматическое оружие несмертельного действия, разработанное компанией Fabrique Nationale d'Herstal; заряды FN 303 разрушаются при ударе, тем самым устраняя риск проникающего ранения).

Звуковое оружие — принцип действия основан на излучении звуковых и инфразвуковых волн определённых частот. Представителем такого вида оружия можно считать LRAD (Дальнодействующее Акустическое Устройство). Разработана американской компанией American Technology Corporation для применения военными и полицией. Эта звуковая пушка способна передавать четкие предупреждения на многие сотни метров, увеличивая громкость передаваемых команд до непереносимой, и влиять, таким образом, на поведение толпы, на команды кораблей противника, группы террористов в зданиях и т. п. Так же т. н. стреляющий мегафон — внешне действительно напоминает мегафон, внутрь которого может войти человек. Мощные импульсы с частотой от 2 до 3 тысяч герц, мощностью 150 децибел. Звук такой мощности вполне может произвести устойчивое повреждение органов слуха. Люди, находящиеся недалеко от данной пушки, теряют самообладание, появляется страх, головокружение, тошнота. На близком же расстоянии — психическое расстройство, разрушение внутренних органов. Используются для разгона толпы, вызова паники в воинских подразделениях, защиты объектов от посторонних.

СВЧ-оружие нарушает работу головного мозга и центральной нервной системы, человек слышит несуществующие шум и свист. Один из представителей такого вида оружия — Active Denial System(Система Активного Отбрасывания) разработан для американской армии и представляет из себя мощный СВЧ-излучатель. Установка ADS излучает направленную энергию в диапазоне миллиметровых радиоволн, которая оказывает кратковременное шоковое воздействие на людей на расстоянии до 500 м. Пентагон провёл сертификационные испытания установки ADS на добровольцах, которые при облучении испытывали болевой шок и рефлекторное стремление немедленно скрыться из зоны поражения (так называемый «Goodbye effect»).

Светошумовые боеприпасы — выполнены на основе горения пиротехнических средств.

Термический пистолет — в секунды разогревает тело до температуры свыше 40 градусов Цельсия; человек, против которого воспользовались данным оружием, испытывает нестерпимое жжение и желание убежать

Пеномёт — устройство, стреляющее специальной быстротвердеющей и обволакивающей пеной; солдаты быстро лишаются не только подвижности, но и слуха и зрения.

Вязкие/скользкие полимеры — вещества, при полимеризации образующие вязкую или, наоборот, очень скользкую плёнку на поверхности объектов.

Лазер — его импульсы дезориентируют противника и приводят к временному ослеплению. Использование лазеров в качестве оружия, предназначенного для причинения постоянной слепоты, запрещено ООН.

3.3. Информационно-психологическое оружие[26]

Сущность и содержание понятия «нетрадиционные средства ведения войны»

Мы живем в мире систем - биологических, общественных, физических, кибернетических, организационных, экологических, социальных и др.

Центральным звеном в любой сложной системе является механизм управления.

Под управлением в человеческом обществе понимается способ воздействия, побуждающий людей к упорядоченному поведению, к выполнению требуемых действий, к соблюдению (нарушению) социально- экономических законов.

Цель управления - заставить отдельного человека, коллектив или общество выполнять внешнюю, т.е. поставленную кем-то задачу или программ. К. Блейкмор в книге «Механика разума» писал, что «мечты каждого лидера-тирана или доброго пророка (демократа или тоталитариста) упорядочить поведение своего народа».

Под информационным управлением понимается такое управление, когда управляющее воздействие носит информационный характер, т.е. субъекту управления дается информационная картина, ориентируясь на которую, он выбирает линию поведения.

Значительное возрастание роли информационного управления обусловлено следующими обстоятельствами:

во-первых, исследованы особенности влияния информационно- управляющих воздействий на базис и надстройку общества. Результатом явилась установка возможности изменения общественного строя не через смену его базиса, а через надстройку силами интеллигенции, совершающей так называемую «молекулярную» агрессию в сознании общества и разрушая ее старое культурное ядро.

Сущность установки состоит в следующем:

информационно-управляющее воздействие должно осуществляться не в лоб. Не штурмуя базис общества, а через надстройку, совершая «молекулярную агрессию» в сознании и разрушая «культурное ядро» общества.

А. Грамши писал: «Собьешь людей с толку, подорвешь культурный устой - бери всех тепленькими, перераспределяй собственность и власть, как хочешь»;

во-вторых, достигли высокого уровня знания о воздействии информации на человека и общество;

в-третьих, возникла необходимость уметь влиять на поведение масс. Управление людьми и обществом преследует разные цели в зависимости от целей правящей элиты, от состояния общества и государства. Можно выделить следующие режимы информационного управления в государстве (обществе):

целенаправленное изменение общественного строя;

обеспечение выживаемости в критических ситуациях (война, кризис, большое стихийное бедствие) и восстановление устойчивого состояния;

стабилизация и коррекция основных показателей (параметров) жизни общества при нормальном ходе событий;

переход, достаточно плавный, в новое состояние при исчерпании возможностей существования в предыдущем состоянии;

в-четвертых, возросла роль технических средств в производстве и передачи информации.

Современную цивилизацию сотворил печатный станок, который сделал информацию достоянием многих, а чтение творческим процессом.

[26] Мухин В.И., Самойлов С.В. Каф. 31 «Информационных систем и технологий»

Ныне главным носителем информации для человека стал экран телевизора или компьютера. Скорость создания картин, понятий-образов столь высока, что на обдумывание полученной информации уже нет времени. Диалог исчез, осталось только чтение-потребление. Например, американские мультфильмы основаны на столь высокой скорости смены образов, которая не допускает рефлексии (диалога).

Телевизионная камера приближает зрителя на запретное расстояние, вызывает нездоровый интерес и тем, развращает человека. От фиктивного экранного носителя идет дорога к реальному.

По мнению психологов, критически усваивать информацию способны 15-25% населения. К тому же до 75% людей обладают повышенной внушаемостью. Поэтому применение современных средств массовой информации обеспечивает управляемость обществом.

Информационное воздействие на человека представляет одновременный учет двух компонентов: информационного и психологического, с преобладанием первого, так как данное воздействие предусматривает информационный подход и построение информационной модели психики человека, а также учет информационного взаимодействия между людьми, специальными группировками и т.д.

С учетом вышеизложенного способы воздействия информации на человека условно можно разделить на три группы:

способы информационно-психологического воздействия на человека;

способы информационно-управляющего воздействия на человека;

способы противоборства в информационной сфере путем разрушающего информационного воздействия на компьютерные системы.

Следовательно, понятие нетрадиционных средства ведения войны включает три группы способов, которые связаны, взаимосвязаны между собой и направлены на скрытое и насильственное воздействие на психику человека (людей) с целью управления его (их) поведением (деятельностью), в нужном для воздействующей стороны направлении.

Субъектами и вместе с тем объектами информационного воздействия являются личности, те или иные группы людей, государства, общество, все человечество в целом.

Используя подход к содержанию понятия информационно-психологической безопасности, выделим четыре плана объектов, на которые направлено информационно-психологическое оружие.

Первый и второй планы относятся собственно к человеку (личности). Первый рассматривает человека как гражданина, т.е. как субъекта политической жизни, носителя определенного мировоззрения, обладающего более или менее выраженным правосознанием и менталитетом, духовными идеалами и ценностными установками. Гражданин есть сознательный субъект отношений с властью (государством), и он строит свое жизненное поведение в зависимости от того, насколько он этой власти доверяет. Доверие к власти есть главный стержень общественного поведения граждан. Формирование доверия и сеть основная политическая задача власти, использующей прямо или косвенно все находящиеся в ее распоряжении источники информационного воздействия на граждан, прежде всего государственные средства массовой информации, а также средства влияния на другие источники. Неадекватное общественным (с точки трения власти) интересам поведение гражданина может принимать как острые формы политического экстремизма, угрожающие самому существованию власти, так и политического равновесия, не в меньшей степени подрывающего осно-

вы общественной жизни.

Второй план рассматривает человека как личность-индивида, обладающего сознанием, подверженным различного рода манипуляторным воздействиям, информационным по своей природе, результаты которых могут прямо угрожать физическому или психологическому здоровью человека. Именно такие воздействия часто на протяжении многих лет формируют морально-психологическую атмосферу в отдельных слоях общества, питают криминальную среду и способствуют росту числа психических заболеваний в обществе.

Третий план предусматривает анализ информационных воздействий на организованные или неорганизованные группы и массы людей Цель них воздействий - вызвать особое, конфликтное поведение в острых жизненных (политических, военных, чрезвычайных) ситуациях. Инициация паники, принуждение к сдаче в плен, мобилизация митингующих к активным действиям - вот несколько примеров таких целей.

Четвертый план ставит проблему информационно-психологического воздействия на население страны в целом или в региональном масштабе. «Речь должна идти о наиболее подверженной манипулятивным воздействиям части населения, к которой принадлежат, прежде всего, социально незащищенные граждане. Именно они испытывают сильное моральное и психологическое давление, ложащееся на общий фон бедности и неустроенности в жизни. Можно говорить о морально-психологической безопасности населения страны, степень которой оказывается существенно зависимой от массового и индивидуального восприятия и оценки условий социальной жизни. Однако это восприятие и оценка всегда и практически целиком преломляется потоком непрерывных информационных воздействий, обрушивающихся на головы людей.

К объектам воздействия информационно-психологического оружия относятся:

военно-политическое руководство, военнослужащие и гражданское население страны, против которой планируется силовая акция;

военнослужащие и гражданское население дружественных, нейтральных государств и стран;

национальные и религиозные меньшинства;

оппозиционные силы;

определенные социальные группы (интеллигенция, предприниматели, домохозяйки и т.д.).

Воздействие нетрадиционных средств ведения войны на людей связано прежде всего с подавлением воли к сопротивлению, «зомбированием» психики (манипулированием и перестройкой мышления), программированием поведения людей в повседневной и в боевой обстановке и, в конечном счете, с их деморализацией и психической деградацией.

Классификация нетрадиционных средств ведения войны

Бурное развитие радиоэлектроники породило появление многочисленное число разнообразных средств электроники, а в последующем компьютерных систем и средств. На их основе последовательно появились игровые автоматы, компьютерные игры, виртуальные игрушки, виртуальные программные игры, виртуальные комплексы, виртуальные системы, виртуальные города. Наряду с развитием целого ряда положительных моментов, которые принесли данные средства, и прежде всего для развития интеллекта человека, появились и новые возможности воздействия на психику человека, на его сознание и подсознание. С появлением этих средств также стали формироваться новые понятия, такие как виртуальная реальность, виртуальная па-

мять, виртуальный мир и другие, а вместе с этим и такого нового понятия информационного оружия – виртуальное информационно-психологическое оружие.

Виртуальная реальность - это кажущиеся искусственно созданные технические и психологические феномены, создающие новое качество восприятия человеком и его переживаний в вымышленном (идеальном) мире, в котором он может быть активным участником разыгрываемых действий, имеет возможность не только наблюдать и переживать, но и действовать в нем самостоятельно во времени и пространстве. То есть виртуальная реальность – это интерактивная графика в реальном масштабе времени с трехмерными моделями, в которые погружается человек. При этом погружении создается впечатление пребывания в реальной ситуации.

3.3.1.Виртуальное информационно-психологическое оружие - совокупность специальных компьютерных систем и средств, а также систем обратной связи сопряженных с органами чувств человека через эти системы и средства, которые позволяют создать с целью управления его поведением деструктивный вымышленный (идеальный) мир и быть человеку активным участником этого мира.

К виртуальным средствам информационно-психологического оружия (воздействия) на человека можно отнести виртуальные компьютерные игры, виртуальные комплексы, виртуальные города.

Дадим определения представленных выше видов виртуального информационно-психологического оружия

Виртуальные комплексы – комплекс программных и специальных средств передачи сведений, воздействующих на органы чувств человека, а также систем и устройств обратной связи от тактильных ощущений человека, позволяющий создать необходимую ему виртуальную реальность.

Виртуальные города – объединение человека и виртуальной реальности, созданных с помощью информационных систем и средств, позволяющих человеку не только воспринимать и взаимодействовать с этой реальностью, но и верить в ее реальное существование.

Возможны также воздействия на психику человека - пользователя компьютера за счет подбора видеоизображений, звука, цвета, в результате чего возможно на подсознательном уровне придание человеку нужных управляющих действий.

3.3.2. Энергоинформационное психологическое оружие - технические средства (устройства), способные генерировать и направленно излучать модулированные сверхвысокочастотные, ультразвуковые, инфракрасные волны, когерентные и некогерентные излучения, энергоинформационное воздействие которых вызывает нарушение деятельности систем и органов тела человека.

К средствам энергоинформационного психологического оружия можно отнести (табл. 3.1): СВЧ-генераторы; ультразвуковые генераторы; генераторы инфразвука; источники когерентного и некогерентного света.

Таблица 3.1

Средства энергоинформационного психологического оружия

№№ п/п	Название средства	Краткая характеристика средств
1	СВЧ – генераторы	Средства (устройства), которые формируют излучения сверхвысокой частоты (30…300 ГГц), модулированные низкочастотными колебаниями (1…35 Гц). Воздействие этих излучений на мозг человека вызывает ощущение тяжело переносимых шумов и свиста и ведет к временной утрате человеком способности ориентироваться в обстановке, взаимодействовать с окружающими, управлять собственным поведением и другие эффекты.
2	Ультразвуковые генераторы	Средства, поражающее действие которых основано на тепловом и механическом воздействии вибраций частотой более 100 кГц. Вибрации вызывают нарушения деятельности органов человека, вызывают боли и могут приводить к смертельному исходу.
3	Генераторы инфразвука	Средства, поражающее действие которых основано на явлениях резонанса в человеческом теле при частоте колебания ниже 16 Гц. Колебания вызывают головные боли, головокружение, нарушение дыхания, конвульсии и даже потерю сознания.
4	Источники когерентного света	Средства, поражающее действие которых основано на воздействии лазерного излучения на глаза с целью их поражения (повреждения) или введения человека в заблуждение.
5	Источники некогерентного света	Средства, предназначенные для формирования ярких световых вспышек с заданными частотными и амплитудными характеристиками. Эти вспышки при воздействии на человека ведут к ухудшению общего самочувствия, появлению симптомов, предшествующих эпилептическому припадку, временному ослеплению.

СВЧ-генераторы – средства (генераторы), которые создают сверхвысокочастотные колебания в диапазоне миллиметровых (30 - 300 ГГц) и субмиллиметровых (300 - 3000 ГГц) электромагнитных волн.

СВЧ-генераторы можно разделить на две группы:

СВЧ-генераторы, создающие сверхвысокочастотные колебания в диапазоне миллиметровых (30 - 300 ГГц) электромагнитных волн, модулируемые низкочастотными колебаниями в диапазоне 1 - 35 Гц;

СВЧ-генераторы (оротроны), создающие сверхвысокочастотные колебания в диапазоне миллиметровых (30 - 300 ГГц) и субмиллиметровых (300 - 3000 ГГц) электромагнитных волн.

Рассмотрим возможности СВЧ-генераторов первой группы.

СВЧ излучения, модулируемые низкочастотными колебаниями в диапазоне 1 - 35 Гц, воздействуют непосредственно на мозг человека, и в этих излучениях (полях) заметно ускоряется любая психообработка подсознания. Особое внимание уделяется при этом «нетермическим эффектам», которые могут вызывать полное прекращение

или частичное нарушение функций органов человека. Примерами могут служить нарушения сознания к восприятию действительности, эндокринной системы и системы кровообращения. Половая система может быть повреждена до уровня полной стерилизации. С помощью электромагнитных волн, которые модулируются в альфа-ритме токов головного мозга, могут достигаться необратимые нарушения поведения человека.

Рассмотрим возможности СВЧ-генераторов второй группы.

Их воздействие на организм человека может привести к пагубным воздействиям по двум поражающим фактором:

термический нагрев покровов тела человека;

образование свободных радикалов гидроксила (ОН) в теле человека за счет ионизации.

Степень термического поражения зависит от уровня облучения (плотности энергии на единицу площади тела человека) и может проявляться в виде покраснения кожного покрова человека в месте воздействия (направления луча) до обугливания кожного покрова и внутренних тканей при значительной мощности излучения воздействия.

Кроме того, в зависимости от продолжительности облучения, его мощности и состояния здоровья человека последствиями термического воздействия может быть образование долго не заживаемых ран, так называемых трофических язв. Возможно в результате облучения также появление раковых образований на кожных покровах человека и наличие нестерпимой продолжительной боли.

Образование свободных радикалов гидроксила в теле человека может привести к изменению структуры крови, лимфы, кровеносных сосудов и нервной системы человека, а при длительном воздействии к деградации личности.

Развитие технических возможностей позволяет ожидать, что площади в несколько десятков квадратных километров смогут облучаться с интенсивностью, достаточной для того, чтобы вызвать серьезные нарушения здоровья у пораженных излучением людей.

Основываясь на имеющемся опыте обращения с генераторами микроволн, следует отметить, что военно-техническое, а также диверсионное использование электромагнитных излучений способно привести к последствиям, многие из которых могут быть сравнимы с эффектом воздействия известных видов оружия массового уничтожения.

Ультразвуковые генераторы. Ультразвук – неслышимые человеческим ухом упругие волны, частоты которых превышают 20 кГц.

Ультразвуковое оружие - средства (генераторы), поражающее действие которых основано на тепловом и механическом воздействии механических вибраций более 100 кГц на ткани тела человека. Эти вибрации нарушают деятельность органов человека, вызывают боли и могут приводить к смертельному исходу.

Генераторы инфразвука. Еще в начале 20 века было обнаружено влияние инфразвука на организм человека, который вызывал болевые ощущения, состояние тревоги, ужаса и даже психического расстройства.

Инфразвук (от лат.infra – ниже, под) - не слышимые человеческим ухом упругие волны низкой частоты (ниже 16 Гц).

Верхний предел инфразвуковых колебаний определяется физиологическими свойствами человеческого уха. Предельная частота зависит от минимального интервала между раздражениями, при котором каждое раздражение воспринимается человеческим организмом как отдельное ощущение. До настоящего времени предел инфразвука не установлен довольно четко, его величина зависит от особенностей каж-

дого отдельно взятого человека. Механизм действия инфразвуковых волн на организм человека весьма сложен. Длина этих волн значительно больше размеров человеческого тела, поэтому переменное давление инфразвука действует на человека всесторонне, ему подвержены органы слуха и пищеварения, дыхательная, кровеносная, нервная, сердечно-сосудистая системы.

Следовательно, инфразвуковое оружие – средства (генераторы), излучающие инфразвуковые волны частотой ниже 16 Гц, поражающее действие которых основано на явлениях резонанса в человеческом теле.

Давление инфразвука вызывает движение мягких тканей внутренних полостей тела, прежде всего в легких, брюшной диафрагме и органах пищеварения и они начинают колебаться в ритм инфразвуку. При достаточной мощности и амплитуде инфразвуковых волн все внутренние органы как бы вначале встряхиваются, а при дальнейшем увеличении звукового давления происходит их отрыв, что может привести к смертельному исходу.

Рассмотрим несколько более подробно влияние инфразвука на различные органы и системы жизнедеятельности человека.

Так, высокая интенсивность инфразвуковых колебаний может вызывать у человека в результате механического, нейрохимического воздействия и резонанса поражение внутренних органов и перегрузку системы кровообращения сердца со смертельным исходом. Даже незначительная интенсивность инфразвуковых колебаний влияет на мозговые токи и на нервную систему в целом. Пульс, дыхание, биотоки, мозг, речь - всему этому присущи инфразвуковые частоты.

Человеческое ухо никак не реагирует на инфразвук, что не мешает последнему очень активно влиять на весь организм, и в особенности на мозг. Следствием совпадения частотных характеристик внешних возбудителей и наших внутренних органов является резонанс в человеческом теле, который вызывает неприятные ощущения и трагические для человека последствия.

Зависимость состояния органов и систем жизнедеятельности человека от частоты, уровня звукового давления и продолжительности представлена в таблице 3.2.

Из данных, приведенных в таблице видно, что, варьируя тремя переменными: частотой излучения, уровнем звукового давления и временем воздействия инфразвука на человека, можно добиться как различных эффектов воздействия на одних и тех же частотах, так и одинаковых эффектов при использовании разных частот. При этом продолжительность облучения может составлять от нескольких секунд до нескольких десятков минут.

В 1976 году германский ученый русского происхождения Л. Пименофф создал поршневую машину, с помощью которой удалось получить уровень звукового давления в 196 дБ. Крысы, подвергшиеся его воздействию, погибли в считанные секунды. Инфразвуковые волны распространяются на большие расстояния. Они почти не поглощаются известными нам строительными материалами. Люди, находящиеся в убежищах, а также внутри бронированных военных сооружений, машин, судов, практически оказались бы незащищенными от их воздействия.

Таблица 3.2

Зависимость состояния человека от частоты, уровня звукового давления и продолжительности действия инфразвука

Частота, Гц	Уровень звукового давления, дБ	Продол-житель-ность, мин	Симптомы
2-15	105	30	Приблизительно у 50% человек удлиняется время реакции, у 10%-нарушается равновесие
1-2	150	30	Происходит смещение порога слышимости
7	90	35	Снижение кровяного давления, уменьшение частоты биения пульса, появление шумов в сердце человека
2-15	110-120	30	Состояние чрезмерного употребления алкоголя
50	150-155	30	Появление головных болей и головокружения
66-73	150-155	30	Боли в горле в процессе глотания и появления головокружения
10	135	15	Ощущение вибрирования внут-ренних органов, колебания барабанных перепонок, ускорение биения пульса, повышение артериального давления на 20 мм., учащение дыхания на 4 и более вдоха в минуту, смещение порога слышимости на 15-20 дБ
1-100	154	0,4-2	Ощущение покачивания стен дома, головные боли и головокружение, удушье, звон в ушах

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

инфразвук малой мощности вызывает симптомы морской болезни; волны средней мощности повреждают органы пищеварения и мозг с различными осложнениями: паралич, общая слабость, ухудшение зрения;

инфразвук большой мощности приводит к колебанию всех внутренних органов, их повреждению и отрыву, остановке сердца.

Возможность достижения указанных эффектов за очень короткие промежутки времени позволяет рассматривать генераторы, создающие инфразвук, как действенное и перспективное информационное оружие.

3.3.3. Психотронно-информационное оружие

Психотронно-информационное оружие - технические средства (психотронные генераторы, резервуары и др.), позволяющие оказывать информационно-психологическое воздействие на психику человека, состояние и поведение людей.

В распоряжении нет достаточных данных о создании его хотя бы экспериментальных, но действующих образцов. Тем не менее, классификацию данного вида оружия можно произвести.

Психотронные генераторы узконаправленного действия. По определению В. Шепилова это технические специализированные системы, важнейшими компонентами которых являются источники особо организованных неоднородных полей, порождающие слабые волновые процессы, по-видимому, резонансные к тонким механизмам работы мозга и нервной системы.

Специально подобранные операторы с особой чувствительностью к этим резонансам способны направить генераторные поля на нужный объект и вызвать в нем те или иные возбужденные состояния, отличные от обычных. Далее оператор, удерживая этот новый режим, модулирует, формирует, навязывает заданное состояние. Далее он слегка касается «ныне существующих и стоящих на вооружении боевых психотронных генераторов, способных узконаправленно поражать жизненно важные функции организма - дыхание, сердечнососудистую систему, нейронные связи».

Психотронные формообразующие генераторы. Знаменитый чешский изобретатель Роберт Павлит утверждал, что тайна генераторов заключена в их форме. «Имеет значение и материал, из которого они изготовлены. Для одной цели годятся одни материалы, для другой - иные. Определенное взаимное расположение материалов и форма, которая им придана, способны вызвать нужный эффект. Некоторые генераторы были изготовлены из особым образом подобранных сплавов различных металлов. Воздействие психотронного генератора на человека, считал Р. Павлита, зависит от вида применяемого генератора. Некоторые из них были способны ускорять заживление ран и сокращать время выздоровления. В целом воздействие же носило отрицательный характер.

3.3.4. Биоэнергоинформационное оружие

В современных информационных войнах находит применение и биоэнергоинформационное оружие. Это обусловлено следующим фактором - возможность управлять человеком, в том числе и на большом расстоянии.

Определим понятие биоэнергоинформационного оружия, которое формируется из четырех понятий «био», «энергия», «информация» и «оружие».

Био (от греч. bios – жизнь) – для нашего случая человек (люди). Понятия «энергия», «информация» и «оружие» были определены ранее.

Следовательно, биоэнергоинформационное оружие – люди, обладающие паранормальными способностями, которые позволяют им скрытно и на расстоянии оказывать энергоинформационное воздействие на других людей с целью управления их поведением.

В настоящее время к людям, обладающим способностями скрытого воздействия на подсознание человека и передачи ему необходимых сведений, можно отнести соответственно экстрасенсов и гипнотизеров. Рассмотрим более подробно способности таких людей.

Гипноз является первым исторически сложившемся методом управления поведением человека путем изменения состояния его сознания. Термин гипноз был введен английским хирургом Дж. Брейдом в 1843 году, в честь древнегреческого бога сна Гипноса, как определение искусственно вызываемого сна. Состояние гипноза может возникать в результате специального воздействия учителя – гипнотизера или самовнушения.

Гипноз – временное состояние сознания, характеризующееся сужением его объема и резкой фокусировкой на содержании внушения, что связано с изменением функций индивидуального контроля и самосознания.

Гипноз может быть использован:

для получения сведений (гипнодопрос);

для передачи нужных сведений;

для сотворения дезинформации;

с целью программирования на нужное (желаемое) поведение, действие.

Гипнодопрос. Человека – ученика вводят тем или способом в гипнотический транс и, установив раппорт, настраивают отвечать на задаваемые вопросы, причем первые из них должны быть самые простые (об имени, профессии и т.п.), чтобы не возбудить даже легкой настороженности. Следует воздерживаться от вопросов, явно настраивающих на конкретные ответы, ибо под гипнозом человек – ученик способен выдать вымышленные сведения даже при легком непреднамеренном давлении со стороны допрашиваемого.

Передача нужных сведений. Человека – ученика вводят в гипнотический транс и сообщают нужные сведения, развивая амнезию (забытие) на представленные сведения. После этого человек – ученик окажется способен передать записанное в его памяти только после погружения его в гипноз и нахождение в этом состоянии кодового слова. По данному кодовому слову и будет вскрыта память человека – ученика и получены необходимые сведения.

Сотворение дезинформации. Человека – ученика вводят в гипнотический транс и затем тщательно внушают, что он якобы участвовал в каких – либо действиях, либо виде какое-либо событие, добыл те или иные сведения и т.д. Выйдя из гипнотического транса человек – ученик верит в то, что внушенные сведения действительно были и сообщает об этом с большой уверенностью другим людям.

Программирование на нужное (желаемое) поведение. Человека – ученика вводят в глубокий гипнотический транс. После погружения в транс путем применения определенных внушающих слов и представлений человека – ученика трансформируют в желаемую личность. Аналогичным образом возможно программирование на определенное поведение, которое человек – ученик должен будет совершить, если получит кодовое слово или возникнет некоторая ситуация. Продолжительность запрограммированных действий может сохраняться до одного года.

В отличие от гипнотических методов, применение которых в рамках ведения информационной войны (борьбы) не вызывает сомнения, то экстрасенсорные методы воздействия на человека только развиваются.

3.3.5. Информационно-генетическое оружие

Известно, что такие стороны личности, как познание, аффективность, сенсорность и моторность находятся под сильным влиянием наследственности. Бурное развитие молекулярной генетики позволило раскрыть носителей генетической информации в человека, а, следовательно, и возможность осуществлять воздействие на нее. Это и послужило появлению информационно-генетического оружия.

Определим понятие информационно-генетического оружия, которое формируется из трех понятий «генетика», «информация» и «оружие».

Генетика (от греч. genesis - происхождение), наука о законах наследственности и изменчивости организмов и методах управления ими [3]. Понятия «информация» и «оружие» были определены ранее.

Следовательно, информационно-генетическое оружие – средства и препараты, которые скрытно изменяют наследственность поражаемых ими биологических объектов, то есть, в том числе и человека.

Поражающее действие этого оружия основано на изменении структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) - носителя генетических сведений о биологических объектах. Сюда входят, например, изменения, вызываемые радиоактивным излучением или высокочастотными электромагнитными колебаниями, а также применением химических мутагенов, которые вызывают у поражаемых объектов наряду с другими явлениями генетические нарушения. Генетическое оружие может применяться не только против людей, но также против животных и культурных растений. Таким путем станет возможным в решающей степени ухудшить жизненные условия и условия окружающей среды целых групп населения.

Разновидностью информационно-генетического оружия являются этническое и радиологическое оружие.

Понятие *«этническое оружие»* охватывает соответственно все применяемые в одиночку или в их комбинации средства и препараты, которые направлены на использование генетических различий этнических групп людей.

Этническое оружие – химические и иные препараты и средства, воздействие которых на этнически различные группы людей (населения) может привести к выборочному их уничтожению или нанесению им повреждений.

Такое селективное воздействие становится возможным, например, в силу существования различий в группах крови, пигментации кожи, генетической структуре. Возможность эта создается также существованием генетически обусловленных энзиматических полиморфизмов, которые различным образом регулируют течение жизненных процессов у представителей различных групп.

Возможность биохимической дифференциации (и тем случаем выборочного подхода) на основе ферментного и протеинового полиморфизма человека сегодня доказана научно и уже используется в генетике человека (в позитивном смысле) при определении латентно угрожаемых носителей мутаций. Злоупотребления этими достижениями в военных и других целях могут носить разнообразный характер. Так, в случае целевого применения ядов, используемых для саботажа, в соединении с продуктами питания агрессор (злоумышленник, конкурент) получит возможность, которую не следует недооценивать, для сокрытия своих преступных действий. «Используя» энзиматические особенности, можно было бы, например, химическим путем блокировать пищеварение генетически предрасположенных групп людей таким образом стимулировать действие бактериальной или вирусной инфекции.

Следующим примером комбинированного применения различных принципов воздействия в качестве возможного средства массового уничтожения является сенсибилизация живых клеток с помощью подавления их генетически определяемой способности устранять естественным путем нанесенные повреждения. Но если способность клеток к самовосстановлению снижается или полностью нарушается с помощью биохимических средств, то даже самые ничтожные внешние влияния вызывают тяжелые последствия.

Селективно, или избирательно действующие в биологическом отношении вещества могут применяться в военных или иных целях для поражения или полного уничтожения определенных этнических групп, оставаясь индифферентным по отношению к другим.

Возможность получения новых химикатов, предназначенных для использования в военных и полувоенных и иных целях, неразрывно связана с общим бурным развитием химической и биологической науки. В значительно большей степени, чем

другие, замыкающиеся в своей собственной сфере области военной техники, разработка боевых отравляющих веществ может опираться на огромное преимущество, которое представляет им открытая литература, в которой описываются результаты химических и биологических исследований, имеющих гражданское применение. Тем самым создается широкий и дифференцированный базис, при опоре на который могут осуществляться намерения, направленные на злоупотребление химически активных веществ в антигуманных целях. В настоящее время в мировом масштабе ежегодно синтезируются и проходят испытание огромное количество новых (по преимуществу органических) соединений, многие среди них можно использовать как во благо, так и во вред человеку. По оценке специалистов этническое оружие по поражающим возможностям сопоставимо с оружием массового поражения.

Другой разновидностью информационно-генетического оружия является *радиологическое оружие.*

Радиологическое оружие – радиоактивные средства невзрывного типа, действие которых вызывает нарушение деятельности различных органов человека и может приводить к изменению наследственности пораженных им биологических объектов или их уничтожению.

Действие радиологического оружия основано на использовании ионизирующего излучения, которое возникает в результате радиоактивных веществ, не связанных с ядерным взрывом.

Ионизирующее воздействие радиоактивного излучения оказывает особенно губительное воздействие на биологические цели. Это в первую очередь касается людей - в одинаковой мере и войск и гражданского населения. Серьезные повреждения могут быть применены интенсивным или длительным излучением и животному и растительному миру.

Радиологическое оружие представляет собой особо опасный и коварный вид оружия в борьбе за власть, имущество, которая сегодня приняла ожесточенный характер во всем мире. В боевых действиях радиологическое оружие представляет собой опасность как вид оружия массового уничтожения.

Радиологическое оружие косвенно уже применялось в войне в зоне Персидского залива (1999 г.) и военном конфликте государств блока НАТО против Союзной Республики Югославии в виде снарядов, снаряженных сердечниками, выполненными из материалов обедненного урана.

3.3.6. Соматропно-психоинформационное оружие

Оружие соматропно-психоинформационной группы можно считать одним из наиболее разработанных по сравнению с другими средствами воздействия на психику людей.

Соматропно-психоинформационное оружие - технические средства (устройства), химические составы и биологические рецептуры, вызывающие изменение в соматическом (от греч. soma – тело) состоянии и физической активности людей и на этой основе, стимулирующие развитие астенических (от греч. asthenes – нервно-психологическая слабость) состояний и импульсных моделей его поведения.

Средства обездвиживания людей - быстро затвердевающие суперклеевые составы, распыляемые над людьми и приклеивающие людей к технике, почве, друг к другу и суспензии, многократно снижающие коэффициент трения и делающие невозможным передвижение людей и техники на местности.

В настоящее время проводятся испытания средств, выстреливаемых из гранатомета или иного устройства, при разрыве которых образуется пена, сковывающая толпу.

Применение данных средств порождает чувство бессилия, страха, отчаяния.

Средства постановки «психологических заграждений» - генераторы, создающие труднопереносимый шум, составы с непереносимым запахом, слабительные, рвотные и другие аэрозоли, распыляемые над территорией и создающие условия, невозможные для пребывания на ней людей.

Биологическое оружие нелетального действия - микроорганизмы, искусственно выведенные, различные насекомые, вызывающие недомогания (плохое самочувствие, чесотку, нестерпимый зуд, обширные язвы и др.) и заболевания, препятствующие ведению активного образа жизни[9].

Особо необходимо отметить влияние на физическую активность людей и их психологическое состояние экологического оружия нелетального действия.

Экологическое оружие нелетального действия - средства создания и поддержания в течение длительного времени погодно-климатических условий, крайне неблагоприятных для жизнедеятельности человека.

Отмечено, что воздействие на природную среду может быть использовано в разрушительных, враждебных целях, в качестве оружия. Энергия ураганов и циклонов может быть высвобождена непосредственно в месте ведения боевых действий. Увеличение осадков может изменить механические характеристики почвы, сделать ее неспособной выдержать вес тяжелой техники, вызвать оползни, привести к затоплению местности, разрушению мостов и повороту прибрежных течений. Уменьшение количества осадков приведет к засухе и уничтожению растительности и животного мира. Изменение элементов климата объема осадков, средней температуры, количества солнечных дней может повлечь необратимое нарушение сельскохозяйственного производства, гибели лесов. Поджог растительности или использование гербицидов на больших территориях уничтожает естественный защитный лиственный покров и культурные посадки, приведут к эрозии почвы и др.

К особенностям экологического оружия можно отнести:

его воздействие одинаково военные и гражданские объекты;

применение экологического оружия позволит не только вывести из строя вооруженные силы противника, но и привлечь на свою сторону или нейтрализовать страны, не участвующих в конфликте. Так как близлежащим, нейтральным государствам не избежать последствий, ущерб которых будет прямо пропорционален слабости экосистемы;

экологическое оружие опасно тем, что технология его применения легко может получить широкое распространение. Американцы в ходе ведения войны во Вьетнаме даже обучали южновьетнамцев технике воздействия на погоду, создания огненных бурь и дефолиации;

применение экологического оружия может выйти из-под контроля, так как решения будут применяться в первую очередь на основе потребностей военной обстановки, а не с учетом экологической безопасности.

Примерно так же можно использовать безвредные для человека химические и биологические вещества. Например, вещества нарушающие работу двигателей, уничтожающие покрышки автомобилей, превращающие горючее в желе, уничтожающие

металлические фермы мостов и разрушающие технику, приводящие взлетные полосы и железнодорожные рельсы в сверхскользкие поверхности.

Все это неизбежно окажет сильное деморализующее воздействие на психику противника, обусловит невыполнение его солдатами намеченных боевых задач, попросту заставит многих опустить руки.

Естественно, не могут не сказываться на настроениях, впечатлениях, боевой активности и случаи применения противником других видов нелетального оружия, сопровождающихся остановкой и омертвлением боевой техники, выходом из строя систем связи и управления, приборов наблюдения и разведки. Однако в этом случае психологический эффект будет носить побочный характер и не рассматриваться в качестве основной цели использования данных средств.

Остальные виды соматропно-психоинформационного оружия (перцовые, слезоточивые и др. средства) давно и широко используются в практике проведения военно-полицейских операций против повстанцев, для разгона несанкционированных митингов и демонстраций во многих странах. Так же относятся факты применения против мирного населения воздействия воздушных и водяных пушек, действие которых носит явно выраженный психологический эффект.

3.3.7. Информационно – программное оружие

Понятие информационно-программного оружия. Компьютерные системы и сети являются сложными системами. Всякая сложная система представляет собой некоторое количество элементов, объединенных связями таким образом, что обеспечивается целостная функция.

В сложной системе каждый элемент обладает функцией, изменяющейся по определенной программе, то есть оказывает воздействие на другие элементы по некоторым линиям связи.

Разрушающее информационное воздействие – это воздействие на систему, стремящееся нарушить требуемую функциональную взаимосвязь между входной и выходной величинами. Разрушающее информационное воздействие обладает функцией, изменяющейся по определенной программе, то есть оказывает разрушающее программное воздействие на элементы компьютерной системы (сети).

Разрушающее информационное воздействие на компьютерные системы оказывают как компьютерные вирусы, специальные программные закладки, так и программы, блокирующие работу компьютерных систем, а также смешанные средства скрытого воздействия, то есть в дальнейшем целесообразно говорить о разрушающем программном воздействии.

Разрушающее программное воздействие — целенаправленное изменение функций компьютерной системы (сети), приводящее к потенциально опасным (нежелательным) последствиям. Разрушающее программное воздействие на аппаратное, программно-математическое обеспечение, информацию (данные), в том числе на средства защиты информации компьютерных систем является сущностью информационно-программного оружия.

Поэтому компьютерные вирусы, черви, закладки, средства скрытого воздействия на компьютерные системы (сети) можно отнести к информационно-программному оружию. Общее между ними то, что они являются программами с потенциально опасными последствиями. Далее вместо термина «программа с потенциально опасными последствиями работы» будем использовать термин «программная закладка».

Информационно-программное оружие — специальное оружие, основанное на применении разрушающего программного воздействия на аппаратное, программно-математическое обеспечение, информацию (данные), в том числе на средства защиты информации компьютерных систем (сетей).

Средством информационно-программного поражения является программная закладка. По целевому назначению информационно-программное оружие подразделяется на одноцелевое (например, разрушающее воздействие на программное обеспечение определенного типа оружия, автоматизированные системы управления и др.) и универсальное (например, воздействие на результаты принятия решения и др.).

По масштабу решаемых задач информационно-программное оружие делится на стратегическое, оперативно-тактическое и тактическое.

По характеру поражающего действия информационно-программное оружие относится к оружию избирательного, локального и массового поражения.

Способом применения программных закладок является инфицирование. Вирусоноситель (компьютерный вирус) — элемент системы, уровень «агрессивности» которого по отношению к соседним элементам превышает некоторую наперед заданную величину, способный перепрограммировать окружающие его элементы системы.

Классификация объектов поражения информационно-программным оружием. Как отмечалось ранее, ядром противоборств в информационной сфере являются компьютерные системы и сети ЭВМ.

Компьютерной системой называется совокупность аппаратных и программных средств, различного рода физических носителей информации, собственно данных, а также персонала, обслуживающего перечисленные выше компоненты.

Сеть ЭВМ — совокупность сети передачи данных, взаимосвязанных ею ЭВМ и необходимых для реализации этой связи программного обеспечения и (или) технических средств, которая предназначена для организации распределенной обработки информации.

Первоочередными объектами поражения информационно-программным оружием являются государственные и негосударственные объекты.

К государственным объектам относятся:

центры сбора, обработки и анализа информации органов государственного (военного) управления;

критические системы;

узлы и линии радио, радиорелейной, тропосферной и спутниковой связи, а также линии проводной связи;

телекоммуникационные системы, обеспечивающие сбор, обработку и передачу информации;

системы и средства защиты информации.

Критические системы — вычислительные системы, накладывающие самые жесткие условия на программные и аппаратные средства, отказ которых или отступление от задаваемых ограничений может повлечь серьезные последствия.

К критическим системам относятся:

системы управления войсками и оружием;

системы управления по предупреждению чрезвычайных ситуаций и действиям в чрезвычайных ситуациях;

системы связи;

системы управления ядерными реакторами;

системы химически и экологически опасных производств;

все вычислительные системы реального времени;

все встроенные вычислительные системы.

Негосударственные объекты – это офисы, центры сбора, обработки и анализа информации негосударственных структур, коммерческих банков и их учреждений, иных предпринимательских организаций и учреждений; телекоммуникационные системы, системы и средства защиты информации.

Потенциально опасные места применения информационно-программного оружия в сетях ЭВМ.

При близком расположении отдельных ЭВМ, их объединение в одну общую систему обработки данных не требует узлов связи и сети передачи данных. В этом случае все эти ЭВМ объединяются в общую сеть ЭВМ, называемую локальной вычислительной сетью. В локальную вычислительную сеть объединяются ПЭВМ, если они расположены в пределах одного здания или на небольшой территории.

Связи между отдельными локальными сетями осуществляются с помощью серверов локальной сети. Серверы локальной сети могут быть подключены к коммутационному оборудованию, объединяющему потоки информации с нескольких локальных сетей и (или) отдельных компьютеров.

Таким образом, можно выделить следующие функционально законченные элементы сети:

1. Локальные сегменты сети (с различной архитектурой). Их особенностью является возможность использования удаленных ресурсов серверов или других рабочих станций.
2. Коммуникационные сегменты сети, которые производят фрагментирование и объединение пакетов данных, их коммутацию и собственно передачу.

Как правило, рабочие станции не могут использоваться для доступа к ресурсам коммуникационных фрагментов вне решения задач передачи сообщений или установления логических соединений.

Остановимся более подробно на программных закладках и их влиянии на процесс функционирования сетей ЭВМ. Существующие закладки вирусного типа способны вызывать уничтожение или искажение информации, нарушение сеансов работы. Основную опасность они представляют для рабочих станций локальной сети, так как могут распространяться с потоком передаваемых файлов или инфицировать программное обеспечение рабочей станции при использовании удаленных ресурсов.

Закладки типа «троянский конь» проявляют себя в определенных условиях (по времени, ключевым сообщениям и так далее) и могут разрушать (искажать) информацию, копировать фрагменты конфиденциальной информации или пароли (ключи), засылать сообщения не по адресу или блокировать прием (отправку) сообщений.

Закладки типа «компьютерный червь» нацелены на проникновение в системы разграничения доступа пользователей к ресурсам сети, могут приводить к утере матриц установления полномочий пользователей, к нарушению работы всей сети в целом и системы разграничения доступа в частности.

Возможно существование сразу двух этих типов закладок или одной, объединяющей в себе черты обеих. Специальные программы-закладки представляют опасность как для компьютеров и их программного обеспечения, так и для коммутационного оборудования и серверов локальной сети.

Рассмотрим пути проникновения (внедрения) закладок в сеть:

заражение программного обеспечения путем нерегламентированных действий пользователей (запуск посторонних программ, игр и так далее);

умышленное внедрение закладок типа «троянский конь» в в программное обеспечение компьютеров путем их ассоциирования с выполняемыми модулями или программами начальной загрузки, либо использование в виде отдельных модулей;

передача вирусов с пересылаемыми файлами и заражение компьютеров;

распространение вирусов внутри локальной сети;

внедрение вирусов в при запуске программ с удаленного сервера;

внедрение вирусов в пересылаемые файлы на сервер локальной сети.

Используя перечисленные пути проникновения вирусов, определим потенциально опасные места применения информационно-программного оружия путем обобщения потенциальных угроз элементам сети ЭВМ.

1. Угрозы для компьютеров и их программного обеспечения:

искажение (разрушение) файлов и системных областей, уменьшение скорости работы, неадекватная реакция на команды, вмешательство в процесс обмена сообщениями по сети путем непрерывной посылки хаотических сообщений;

блокирование принимаемых или передаваемых сообщений, их искажение;

имитация физических сбоев типа «потеря линий» и других;

имитация пользовательского интерфейса или приглашений ввода пароля (ключа) с целью запоминания этих паролей;

накопление обрабатываемой конфиденциальной информации в скрытых областях внешней памяти;

доминирование оперативной памяти с целью выявления ключевых таблиц или фрагментов ценной информации;

искажение программ и данных в оперативной памяти.

2. Угрозы для серверов локальной сети:

искажение проходящей через сервер информации;

сохранение проходящей информации в скрытых областях внешней памяти;

искажение или уничтожение собственной информации сервера и, как следствие, нарушение работы локальной сети;

3. Угрозы для коммутационного оборудования:

вывод из строя коммутационного узла вместе со всеми присоединенными локальными сетями;

засылка пакетов не по адресу, потеря пакетов, неверная сборка пакетов, подмена пакетов;

внедрение вирусов в коммутируемые пакеты.

4. Угрозы, исходящие от средств перехвата/имитации, навязывания информации в локальной сети:

перехват, искажение, навязывание информации со стороны глобальной сети;

имитация посылки ложных сообщений на компьютеры локальной сети;

имитация логического канала (удаленный доступ) к ресурсам локальной сети;

внедрение в проходящую информацию различных функционально значимых блоков кода и данных, способных реализовать разрушающее воздействие на программное обеспечение и базы данных сети.

ЧАСТЬ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

Глава 4. Основы организации гражданской обороны

4.1. Роль и место гражданской обороны в системе оборонных мероприятий[27]

Международное право запрещает ведение агрессивных войн, но само по себе не ведет к искоренению из общественной жизни причин, порождающих вооруженные конфликты. Несмотря на запрет, обращаться к вооруженной силе в международных отношениях государства нередко еще прибегает к ней для разрешения возникших споров и конфликтных ситуаций.

Меняются подходы к решению международных и других проблем, в том числе с применением военной силы. Меняются и способы ведения вооруженной борьбы. Современные войны имеют преимущественно региональный масштаб, они отличаются высокой интенсивностью и скоротечностью. В качестве целей для поражения, как правило, выбираются важнейшие объекты экономики, элементы систем жизнеобеспечения промышленных и административных центров, транспортных коммуникаций, информации и др. Примеры тому - военные акции НАТО в Югославии и Ираке.

В вооруженных конфликтах все большая роль отводится высокоточному обычному оружию. Ведутся разработки новых средств вооруженной борьбы, основанных на новых физических принципах. Вместе с тем, несмотря на достигнутые в предыдущие годы договоренности о сокращении ядерных потенциалов, запрещении и уничтожении химического и биологического оружия, все же нельзя исключать вероятность применения этих видов в современных войнах.

В условиях, когда средства вооруженной борьбы обладают неограниченной дальностью действия, высокой точностью, колоссальной разрушительной силой и другими мощными факторами поражения, грань между фронтом и тылом стирается, существует реальная угроза поражения противником объектов экономики и населения независимо от того, где они размещены. В то же время зависимость вооруженных сил и всей военной организации от экономических и социальных условий общества непрерывно возрастает. Изменяется и структура военного потребления, растет доля вооружения и боевой техники, увеличивается количество людей, привлекаемых для обеспечения вооруженных сил. В условиях современных войн потребность в людях для обеспечения армии увеличится еще более. Следовательно, судьбы государств будут решаться не только усилиями армий на полях сражений, но и усилиями людей, работающих в глубоком тылу.

В нынешних условиях ГО как составная часть системы национальной безопасности и обороноспособности страны должна быть готовой выполнять свои задачи при любых вариантах развязывания военных действий, а также крупномасштабных террористических актов. Основное внимание уделяется обеспечению готовности ее органов управления и сил к действиям в условиях локальных и региональных войне применением различных видов оружия.

Гражданская оборона совместно с вооруженными силами осуществляет защиту тыла страны, который в широком понимании представляет собой всю территорию государства с людскими и материальными ресурсами, промышленностью и сельским хозяйством, транспортными коммуникациями, научными и культурными учреждени-

[27] Осипов Д.М. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

ями. Тыл страны является материальной и духовной основой вооруженных сил. Его прочность - необходимое условие победы над противником.

Экономические возможности государства оказывают прямое влияние на его военную мощь. Вот почему подготовка страны к войне наряду с решением чисто военных проблем включает и создание высокоразвитой экономики, способной производить все необходимое для вооруженных сил страны и обеспечения жизнедеятельности народа, т. е. для успешного ведения войны. При этом речь идет не просто о высокоразвитой экономике, а об устойчивом функционировании экономики страны в сложных условиях военного времени, иначе говоря, о способности экономики страны удовлетворять в военное время оборонные и важнейшие экономические потребности на уровне, обеспечивающем защиту государства и его жизнедеятельность.

Тыл страны, обеспечивающий боеспособность армий и флота, в современной войне становится сам уязвимым и требует надежной защиты. Основную роль в защите тыла страны будут играть Российская армия и флот, оснащенные самым современным оружием и боевой техникой, способные надежно защитить страну от ударов противника, вместе с тем невозможно дать полную гарантию в том, что какая-то часть высокоточных средств нападения противника не достигнет целей, находящихся в тылу страны. В этой связи возникает ряд проблем, которые не могут быть решены только вооруженной борьбой. Например, защита населения от оружия массового и обычных средств поражения, обеспечение устойчивости функционирования экономики в военное время, ликвидация последствий нападения противника на города и объекты экономики, восстановление нарушенного управления и производства важнейших видов военной продукции и товаров народного потребления, восстановление работы транспорта, связи и других элементов экономики страны.

Защита населения, обеспечение устойчивости функционирования экономики и сохранение материально-технических ресурсов во время войны имеют первостепенное значение в обеспечении обороноспособности страны и в определенной степени предопределяют жизнестойкость государства. Поэтому в современных условиях гражданская оборона выступает как фактор стратегического сдерживания в обеспечении обороноспособности государства. Ее роль и место в системе оборонных мероприятий страны определяются возрастающим значением тыла в современной войне и его надежной защиты с целью обеспечения Вооруженных Сил всем необходимым для отражения вооружённого нападения и обеспечения жизнедеятельности населения в условиях войны.

В 21 веке гражданская оборона должна строиться по принципу стратегической мобильности. Суть его состоит в поэтапном наращивании мероприятий ГО по времени и пространству в зависимости от уровня военных угроз, в концентрации сил и средств в нужное время и в нужном месте. Реализация этого принципа предполагает наличие мобильных, технически оснащенных сил, резервов средств защиты и средств для жизнеобеспечения населения.

4.2. Задачи гражданской обороны[28]

Роль гражданской обороны в системе оборонных мероприятий определяется характером войны, и, прежде всего уровнем развития средств вооруженной борьбы, которые могут применяться в ходе военных конфликтов.

[28] Кузьмин А.И. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

Ведение гражданской обороны заключается в выполнении мероприятий по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Чем выше боевые возможности этих средств, а, следовательно, и опаснее последствия их применения, тем более важной становится роль гражданской обороны в обеспечении защиты населения и тыла страны.

Эта роль с предельной полнотой раскрывается в задачах гражданской обороны, объем которых в зависимости от условий обстановки может изменяться как по содержанию, так и по способам их выполнения.

Основными задачами в области гражданской обороны являются:

обучение населения в области гражданской обороны;

оповещение населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

эвакуация населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы;

предоставление населению убежищ и средств индивидуальной защиты;

проведение мероприятий по световой маскировке и другим видам маскировки;

проведение аварийно-спасательных работ в случае возникновения опасностей для населения при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

первоочередное обеспечение населения, пострадавшего при ведении военных действий или вследствие этих действий, в том числе медицинское обслуживание, оказание первой помощи, срочное предоставление жилья и принятие других необходимых мер;

борьба с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий;

обнаружение и обозначение районов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому и иному заражению;

санитарная обработка населения, обеззараживание зданий и сооружений, специальная обработка техники и территорий;

восстановление и поддержание порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

срочное восстановление функционирования необходимых коммунальных служб в военное время;

срочное захоронение трупов в военное время;

разработка и осуществление мер, направленных на сохранение объектов, необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время;

обеспечение постоянной готовности сил и средств гражданской обороны.

Выполнение задач ГО достигается проведением сложного комплекса организационных, инженерно-технических, медицинских, противорадиационных, противохимических, противопожарных и других мероприятий, а также действиями сил ГО, осо-

бенно при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах катастрофического затопления.

Мероприятия по гражданской обороне - организационные и специальные действия, осуществляемые в области гражданской обороны в соответствии с федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации

Мероприятия по гражданской обороне в Российской Федерации организуются и проводятся на всей территории страны на федеральном, региональном, муниципальном уровнях и в организациях в соответствии с Конституцией Российской Федерации, федеральными конституционными законами, федеральными законами, нормативными правовыми актами Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации, нормативными правовыми актами Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, а также настоящим Положением.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с обучением населения в области гражданской обороны, являются:

развитие нормативно-методического обеспечения функционирования единой системы подготовки населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

планирование и осуществление обучения населения в области гражданской обороны;

создание, оснащение и всестороннее обеспечение учебно-методических центров по гражданской обороне и защите от чрезвычайных ситуаций в субъектах Российской Федерации, других образовательных учреждений дополнительного профессионального образования должностных лиц и работников гражданской обороны, а также курсов гражданской обороны муниципальных образований и учебно-консультационных пунктов по гражданской обороне;

создание и поддержание в рабочем состоянии учебной материально-технической базы для подготовки работников организаций в области гражданской обороны;

пропаганда знаний в области гражданской обороны.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с оповещением населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, являются:

создание и поддержание в состоянии постоянной готовности системы централизованного оповещения населения, осуществление ее модернизации на базе технических средств нового поколения;

создание локальных систем оповещения;

установка специализированных технических средств оповещения и информирования населения в местах массового пребывания людей;

комплексное использование средств единой сети электросвязи Российской Федерации, сетей и средств радио-, проводного и телевизионного вещания, а также других технических средств передачи информации;

сбор информации и обмен ею.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с эвакуацией населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы, являются:

организация планирования, подготовки и проведения эвакуации;

подготовка районов размещения населения, материальных и культурных ценностей, подлежащих эвакуации;

создание и организация деятельности эвакуационных органов, а также подготовка их личного состава.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с предоставлением населению убежищ и средств индивидуальной защиты, являются:

строительство, поддержание в состоянии постоянной готовности к использованию по предназначению и техническое обслуживание защитных сооружений гражданской обороны и их технических систем;

приспособление в мирное время и при переводе гражданской обороны с мирного на военное время заглубленных помещений и других сооружений подземного пространства для укрытия населения;

подготовка в мирное время и строительство при переводе гражданской обороны с мирного на военное время быстровозводимых защитных сооружений гражданской обороны с упрощенным внутренним оборудованием и укрытий простейшего типа;

обеспечение укрытия населения в защитных сооружениях гражданской обороны;

накопление, хранение, освежение и использование по предназначению средств индивидуальной защиты населения;

обеспечение выдачи населению средств индивидуальной защиты и предоставления средств коллективной защиты в установленные сроки;

приспособление в мирное время метрополитенов для укрытия населения с учетом опасностей мирного и военного времени, наличия защитных сооружений гражданской обороны и планируемых мероприятий по гражданской обороне и защите населения.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с обеспечением световой и других видов маскировки, являются:

определение перечня объектов, подлежащих маскировке;

разработка планов осуществления комплексной маскировки территорий, отнесенных в установленном порядке к группам по гражданской обороне, а также организаций, являющихся вероятными целями при использовании современных средств поражения;

создание и поддержание в состоянии постоянной готовности к использованию по предназначению запасов материально-технических средств, необходимых для проведения мероприятий по осуществлению световой и других видов маскировки;

проведение инженерно-технических мероприятий по уменьшению демаскирующих признаков организаций, отнесенных в установленном порядке к категориям по гражданской обороне.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с проведением аварийно-спасательных работ в случае возникновения опасностей для населения при ведении военных действий или вслед-

ствие этих действий, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, являются:

создание, оснащение и подготовка необходимых сил и средств гражданской обороны, а также разработка планов их действий;

создание и поддержание в состоянии постоянной готовности к использованию по предназначению запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств для всестороннего обеспечения аварийно-спасательных работ;

разработка современных технологий и технических средств для проведения аварийно-спасательных работ;

организация взаимодействия сил гражданской обороны с Вооруженными Силами Российской Федерации, другими войсками, воинскими формированиями и органами, а также со специальными формированиями, создаваемыми в военное время.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с первоочередным обеспечением населения, пострадавшего при ведении военных действий или вследствие этих действий, в том числе с медицинским обслуживанием, включая оказание первой медицинской помощи, со срочным предоставлением жилья и принятием других необходимых мер, являются:

планирование и организация основных видов жизнеобеспечения населения;

создание и поддержание в постоянной готовности к использованию по предназначению запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств;

нормированное снабжение населения продовольственными и непродовольственными товарами;

предоставление населению коммунально-бытовых услуг;

проведение санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий среди населения, пострадавшего при ведении военных действий или вследствие этих действий;

осуществление эвакуации пострадавших в лечебные учреждения;

определение численности населения, оставшегося без жилья;

инвентаризация сохранившегося, и оценка состояния поврежденного жилого фонда, определение возможности его использования для размещения пострадавшего населения, размещение людей, оставшихся без жилья, в домах отдыха, пансионатах и других оздоровительных учреждениях, временных жилищах (сборных домах, палатках, землянках и т.п.), а также осуществление подселения населения на площадь сохранившегося жилого фонда;

предоставление населению информационно-психологической поддержки.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с борьбой с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий, являются:

создание необходимых противопожарных сил, их оснащение материально-техническими средствами и подготовка в области гражданской обороны;

тушение пожаров в районах проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в военное время;

тушение пожаров на объектах, отнесенных в установленном порядке к категориям по гражданской обороне, в военное время.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с обнаружением и обозначением районов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому и иному заражению, являются:

создание и обеспечение готовности сети наблюдения и лабораторного контроля на базе организаций, расположенных на территории Российской Федерации, имеющих специальное оборудование (технические средства) и работников, подготовленных для решения задач, связанных с обнаружением и идентификацией различных видов заражения и загрязнения;

введение режимов радиационной защиты на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению;

совершенствование методов и технических средств мониторинга состояния радиационной, химической, биологической обстановки, в том числе оценка степени зараженности и загрязнения продовольствия и объектов окружающей среды радиоактивными, химическими и биологическими веществами.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с санитарной обработкой населения, обеззараживанием зданий и сооружений, со специальной обработкой техники и территорий, являются:

заблаговременное создание запасов дезактивирующих, дегазирующих и дезинфицирующих веществ и растворов;

создание сил гражданской обороны для проведения санитарной обработки населения и обеззараживания техники, зданий и территорий, а также их оснащение и подготовка в области гражданской обороны;

организация проведения мероприятий по обеззараживанию техники, зданий и территорий, санитарной обработке населения.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с восстановлением и поддержанием порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, являются:

создание сил охраны общественного порядка, их оснащение материально-техническими средствами и подготовка в области гражданской обороны;

восстановление и охрана общественного порядка, обеспечение безопасности дорожного движения в городах и других населенных пунктах, на маршрутах эвакуации населения и выдвижения сил гражданской обороны;

охрана объектов, подлежащих обязательной охране органами внутренних дел, и имущества юридических и физических лиц (в соответствии с договором), принятие мер по охране имущества, оставшегося без присмотра.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной со срочным восстановлением функционирования необходимых коммунальных служб в военное время, являются:

обеспечение готовности коммунальных служб к работе в условиях военного времени, разработка планов их действий;

создание запасов оборудования и запасных частей для ремонта поврежденных систем газо-, энерго- и водоснабжения;

создание и подготовка резерва мобильных средств для очистки, опреснения и транспортировки воды;

создание на водопроводных станциях необходимых запасов реагентов, реактивов, консервантов и дезинфицирующих средств;

создание запасов резервуаров и емкостей, сборно-разборных трубопроводов, мобильных резервных и автономных источников энергии, другого необходимого оборудования и технических средств.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной со срочным захоронением трупов в военное время, являются:

заблаговременное определение мест возможных захоронений;

создание, подготовка и поддержание в готовности сил и средств гражданской обороны для обеспечения мероприятий по срочному захоронению трупов, в том числе на базе специализированных ритуальных организаций;

организация и проведение мероприятий по осуществлению опознания, учету и захоронения с соблюдением установленных законодательством правил;

организация санитарно-эпидемиологического надзора.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с разработкой и осуществлением мер, направленных на сохранение объектов, необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время, являются:

создание и организация работы в мирное и военное время комиссий по вопросам повышения устойчивости функционирования объектов экономики;

рациональное размещение населенных пунктов, объектов экономики и инфраструктуры, а также средств производства в соответствии с требованиями строительных норм и правил осуществления инженерно-технических мероприятий гражданской обороны;

разработка и проведение мероприятий, направленных на повышение надежности функционирования систем и источников газо-, энерго- и водоснабжения;

разработка и реализация в мирное и военное время инженерно-технических мероприятий гражданской обороны;

планирование, подготовка и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ на объектах экономики, продолжающих работу в военное время;

заблаговременное создание запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, необходимых для сохранения и (или) восстановления производственного процесса;

создание страхового фонда документации;

повышение эффективности защиты производственных фондов при воздействии на них современных средств поражения.

Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с обеспечением постоянной готовности сил и средств гражданской обороны, являются:

создание и оснащение современными техническими средствами сил гражданской обороны;

обучение сил гражданской обороны, проведение учений и тренировок по гражданской обороне;

разработка и корректировка планов действий сил гражданской обороны;

разработка высокоэффективных технологий для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ;

определение порядка взаимодействия и привлечения сил и средств гражданской обороны, а также всестороннее обеспечение их действий.

Финансирование мероприятий по гражданской обороне и защите населения осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Некоторые направления деятельности гражданской обороны носят особый характер и, хотя в силу своей специфики, не включены в какую-либо задачу, но имеют отношение к каждой из них и обеспечивают их успешное решение. Речь идет о создании и поддержании в высокой степени готовности системы управления гражданской обороной, и в частности пунктов управления, систем связи и оповещения, организации наблюдения и контроля за радиоактивным, химическим и бактериологическим заражением.

Задачи гражданской обороны взаимосвязаны и решаются с учетом конкретных условий обстановки, и прежде всего с учетом прогнозируемой и реальной опасности для населения и экономики, в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации по вопросам гражданской обороны.

Поскольку задачи гражданской обороны весьма многообразны и имеют свои особенности для различных регионов страны, при их решении необходимо тщательно учитывать местные условия.

Характер, объемы и сроки проведения мероприятий, обеспечивающих выполнение задач гражданской обороны и создание материально-технической базы для этого, определяются Правительством Российской Федерации с учетом политического, экономического и оборонного значения городов и других населенных пунктов и организаций. Наиболее полно эти мероприятия осуществляются в городах, отнесенных к группам по ГО и на категорированных по ГО предприятиях.

При этом важнейшее значение имеют инженерно-технические мероприятия, осуществляемые в соответствие с Нормами проектирования инженерно-технических мероприятий ГО, т.е. мероприятия, осуществляемые инженерно-техническими методами и средствами и направленные на предотвращение или уменьшение возможных потерь и разрушений в условиях применения противником современных средств поражения, на повышение устойчивости функционирования предприятий, а также на успешное проведение АСДНР.

Мероприятия гражданской обороны, требующие капитальных вложений, затрат материально-технических средств и трудовых ресурсов, предусматриваются в перспективных планах экономического и социального развития.

Успешное решение многообразных и сложных задач гражданской обороны может быть достигнуто только объединенными и согласованными по цели, месту, времени и способам действий усилиям всех привлекаемых сил и средств при максимально полном использовании имеющихся возможностей для защиты населения и экономики, а также при тщательной организации и согласовании этих усилий под руководством соответствующих органов управления ГО.

4.3. Структура гражданской обороны[29]

Гражданская оборона как составная часть системы национальной безопасности и обороноспособности страны должна быть в готовности к выполнению задач при любых вариантах развертывания и ведения военных действий и в условиях совершения крупномасштабных террористических актов. При этом основное внимание должно уделяться действиям в условиях локальных и региональных войн с применением

[29] Притыченко И.Т. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

различных видов оружия. Кроме того, гражданская оборона должна принимать участие в защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В мирное время гражданская оборона выполняет задачи по созданию органов управления, подготовке сил, обучению населения, поддержанию в готовности средств защиты, планомерному накоплению ресурсов, необходимых для выполнения положенных мероприятий, созданию условий для оперативного развертывания системы защитных мероприятий, сил и средств; в угрожаемый период, проведению комплекса подготовительных мер, направленных на сохранение объектов существенно необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время.

В военное время гражданская оборона проводит комплекс мероприятий, обеспечивающих максимальное сохранение жизни и здоровья населения, материальных и культурных ценностей, повышение устойчивости экономики в условиях применения противником современных и перспективных средств вооруженной борьбы, в том числе и оружия массового поражения.

Организационную основу гражданской обороны составляют органы управления, силы и средства гражданской обороны различных органов власти, местных административно-территориальных образований и организаций (предприятий, учреждений).

Возглавляет систему органов, осуществляющих управление гражданской обороной МЧС России, которое создает территориальные органы - региональные центры по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям, ликвидации последствий стихийных бедствий и органы, уполномоченные решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации ЧС в субъектах Российской Федерации.

Силы гражданской обороны включают в себя спасательные воинские формирования МЧС России, территориальные аварийно-спасательные службы и формирования, объектовые нештатные аварийно-спасательные формирования, нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий ГО, спасательные службы, подразделения ГПС, создаваемые на военное время специальные формирования. Для решения задач гражданской обороны привлекаются также Вооруженные Силы Российской Федерации, другие войска и воинские формирования.

Организационная структура гражданской обороны приведена на рис. 4.1.

Таким образом, руководителями гражданской обороны в Российской Федерации являются руководители федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, которые в соответствии с Федеральным законом «О гражданской обороне» № 28 – ФЗ, 1998 г. и изменениями к нему (№ 123 –ФЗ, 2002 г. и № 122 – ФЗ, 2004 г.) несут полную ответственность за организацию и проведение мероприятий гражданской обороны в федеральных органах исполнительной власти, на соответствующих территориях и в организациях. Непосредственное повседневное управление гражданской обороной они осуществляют через органы управления, специально уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны.

Органами, через которые руководители гражданской обороной осуществляют руководство гражданской обороной, являются:

на федеральном уровне – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

в федеральных округах Российской Федерации — региональные центры по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

в субъектах Российской Федерации — главные управления МЧС России по субъектам Российской Федерации;

в федеральных органах исполнительной власти и организациях - штатные структурные подразделения (отделы, сектора, группы) или назначаются отдельные работники (в зависимости от объема работы), уполномоченные решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации ЧС.

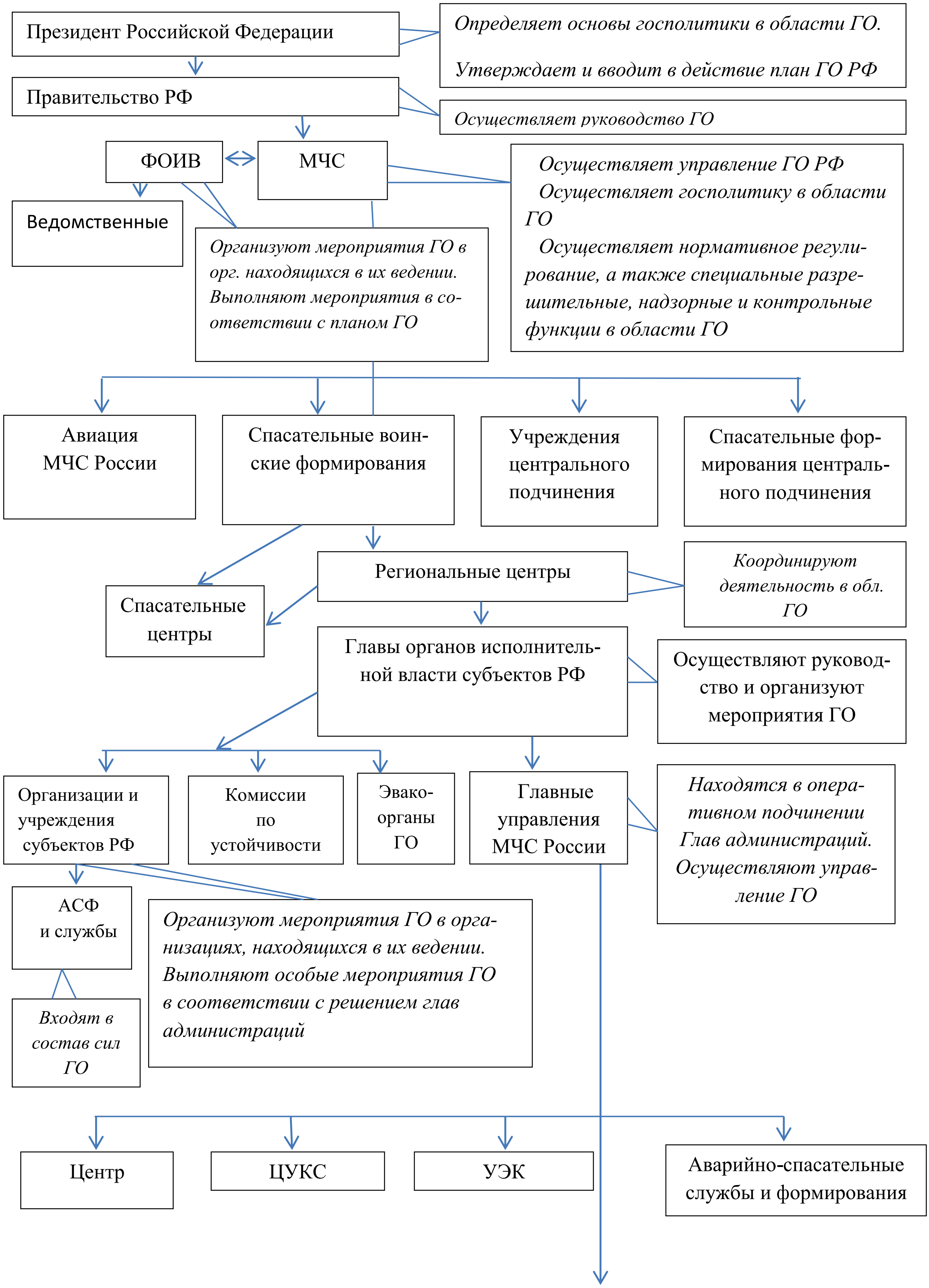

Президент Российской Федерации
Определяет основы госполитики в области ГО.
Утверждает и вводит в действие план ГО РФ
Правительство РФ
Осуществляет руководство ГО
ФОИВ
МЧС
Ведомственные
Организуют мероприятия ГО в орг. находящихся в их ведении. Выполняют мероприятия в соответствии с планом ГО
Осуществляет управление ГО РФ
Осуществляет госполитику в области ГО
Осуществляет нормативное регулирование, а также специальные разрешительные, надзорные и контрольные функции в области ГО
Авиация МЧС России
Спасательные воинские формирования
Учреждения центрального подчинения
Спасательные формирования центрального подчинения
Региональные центры
Координируют деятельность в обл. ГО
Спасательные центры
Главы органов исполнительной власти субъектов РФ
Осуществляют руководство и организуют мероприятия ГО
Организации и учреждения субъектов РФ
Комиссии по устойчивости
Эвакоорганы ГО
Главные управления МЧС России
Находятся в оперативном подчинении Глав администраций. Осуществляют управление ГО
АСФ и службы
Организуют мероприятия ГО в организациях, находящихся в их ведении. Выполняют особые мероприятия ГО в соответствии с решением глав администраций
Входят в состав сил ГО
Центр
ЦУКС
УЭК
Аварийно-спасательные службы и формирования



Рис.4.1. Организационная структура гражданской обороны

Задачи, функции и полномочия МЧС России определены указом Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868 .

Региональные центры и главные управления МЧС России по субъектам Российской Федерации комплектуются военнослужащими войск гражданской обороны, лицами начальствующего состава Государственной противопожарной службы и гражданским персоналом. Руководители указанных территориальных органов назначаются в установленном порядке МЧС России.

Задачи, функции и полномочия регионального центра и главного управления МЧС России по субъекту Российской Федерации определены «Положением о территориальном органе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий — региональном центре по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» и «Положением о территориальном органе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий — органе, специально уполномоченном решать задачи гражданской обороны и задачи по преду-

преждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъекту Российской Федерации», утвержденными приказами МЧС России соответственно от 1 октября 2004 г. № 458 и от 6 июня 2004 г. № 372.

Вопросы создания органов, осуществляющих управление гражданской обороной на территориях, не отнесенных к группам по гражданской обороне, регламентируются правовыми актами субъектов Российской Федерации.

Структурные подразделения федеральных органов исполнительной власти, уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны, создаются по решению руководителей федеральных органов исполнительной власти за счет численности и фонда заработной платы, установленной для данного органа.

Порядок создания (назначения) в организациях структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны, количество работников в данных структурных подразделениях или отдельных работников по гражданской обороне в составе других подразделений организации определяется исходя из требований постановления Правительства РФ от 10.07.1999г. №782 «О создании (назначении) в организациях структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны».

4.4. Силы гражданской обороны

В выполнении[30] мероприятий гражданской обороны участвуют все основные категории населения. В связи с этим все люди должны кроме знания своих обязанностей по сигналам оповещения, правил использования средств защиты, умения оказывать само- и взаимопомощь должны владеть и необходимыми приемами, и способами проведения спасательных работ в очагах поражения.

Вместе с тем, сложность и специфичность ряда задач, которые возложены на гражданскую оборону, требуют заблаговременного создания и специальной подготовки массовых сил, без чего немыслимо выполнение мероприятий по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

К силам гражданской обороны относятся спасательные воинские формирования федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны, подразделения Государственной противопожарной службы, аварийно-спасательные формирования и спасательные службы, нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне, а также создаваемые на военное время в целях решения задач в области гражданской обороны специальные формирования.

Одной из основных задач, выполняемых силами гражданской обороны, является проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения. Комплекс этих работ включает: разведку маршрутов выдвижения к местам проведения работ; локализацию и тушение пожаров на маршрутах движения и участках (объектах) ведения работ; прокладывание колонных путей устройство проездов в завалах и на зараженных участках; розыск и извлечение пораженных из поврежденных и горящих зданий, загазованных и задымленных помещений и из завалов; вскрытие

[30] Кузьмин А.И. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

разрушенных, поврежденных и заваленных защитных сооружений и спасение находящихся в них людей4 оказание первой помощи и медицинской помощи, эвакуацию их в лечебные учреждения и вывод населения в безопасные районы; локализацию аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях в интересах ведения спасательных работ; санитарную обработку людей, обеззараживание одежды, дегазацию техники и средств защиты; обеззараживание территории и сооружений, воды, водоисточников, продовольствия и фуража.

При необходимости силы гражданской обороны могут привлекаться для создания оборонительных рубежей и позиций, восстановления аэродромов, дорог, переправ, пунктов базирования и судоремонта, оборудования перегрузочных пунктов и других объектов целях оказания помощи пораженному личному составу Вооруженных Сил, а спасательные воинские формирования, кроме того, - для выполнения отдельных задач территориальной обороны, в том числе борьбы с диверсионно-разведывательными группами и воздушными десантами противника.

Учитывая, что в мирное время силы ГО привлекаются к ликвидации ЧС природного и техногенного характера, определенная часть их содержится в состоянии повышенной готовности.

Основными принципами использования сил гражданской обороны при решении ее задач являются: поддержание сил в высокой степени готовности к выполнению задач как в мирное, так и в военное время; максимально полное и эффективное использование всех возможностей сил и средств для решения задач в кратчайшие сроки; применение приемов и способов проведения спасательных работ, соответствующих конкретной обстановке и обеспечивающих максимально быстрое их выполнение; проведение спасательных работ объеденными усилиями спасательных воинских формирований и аварийно-спасательных формирований при обеспечении четкого взаимодействия между ними по задачам, времени и объектам ведения работ; комплексное использование многообразной техники, состоящей на вооружении сил, в целях достижения максимального эффекта при проведении работ; сосредоточение усилий на наиболее важных участках (объектах) работ; обеспечение непрерывности действий, наращивание фронта и темпов ведения работ; осуществление необходимого маневра силами и средствами, создание, умелое использование и своевременное восстановление резервов; твердое и непрерывное управлении подразделениями и формированиями, настойчивость в выполнении поставленных задач; формирование и поддержание высокого морального духа сил при проведении спасательных работ; всестороннее обеспечение действий сил, поддержание и быстрое восстановление боеспособности частей и работоспособности формирований, их готовность к решению поставленных перед ними задач.

Важное значение имеет поддержание сил ГО в уставленной готовности для выполнения задач. Если спасательные воинские формирования находятся в высокой степени готовности и способны в кратчайшие сроки приступить к выполнению задач, то для приведения в готовность формирований требуется более продолжительное время, поскольку повседневно личный состав формирований выполняет производственные задачи и установленные служебные обязанности.

В целях обеспечения организованного приведения формирований в готовность в установленные сроки разрабатываются соответствующие планы и проводятся необходимые тренировки и проверки готовности. Планами приведения в готовность формирований определяются: порядок оповещения, места и время сбора личного состава,

места и сроки выдачи табельного имущества, средств оснащения и других материальных средств, сроки готовности, порядок выдвижения, организация управления и всестороннего обеспечения.

Важное значение имеет установленный порядок создания и наращивания возможностей группировок сил, привлекаемых к проведению спасательных работ. Это один из важнейших элементов готовности гражданской обороны к выполнению возложенных на нее задач.

В ходе приведения гражданской обороны в готовность при угрозе нападения противника, по соответствующему распоряжению определенная часть формирований повышенной готовности выводится из городов, отнесенных к группам по ГО в загородную зону, приводится в готовность к действиям и одновременно используется для дооборудования загородной с целью подготовки ее к приему эвакуируемого населения. Заблаговременный вывод формирований из городов существенно ускоряет подготовку самой загородной зоны к приему эвакуируемого населения и создает первоначальную основу группировок сил в сочетании со спасательными воинскими формированиями и формированиями повышенной готовности населенных пунктов загородной зоны и обеспечивает готовность части сил ГО к проведению спасательных работ на случай внезапного нападения противника.

С началом проведения эвакуационных мероприятий из городов, отнесенных к группам по ГО развертываются все остальные формирования, приводятся в готовность, выводятся в загородную зону и включаются в группировки сил. Одновременно завершается развертывание учреждений спасательных служб, а также приведение в готовность остальных организаций и учреждений, привлекаемых к решению задач гражданской обороны.

4.4.1. Спасательные воинские формирования МЧС России[31]

СВФ МЧС России, как составная часть сил ГО, предназначены для защиты населения, материальных и культурных ценностей на территории РФ от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в том числе за пределами территории РФ.

Имея на оснащении современную технику и обладая высокой маневренностью, СВФ МЧС России способны проводить спасательные работы в высоком темпе в любое время года и суток, при любой погоде. Свои задачи СВФ МЧС России выполняют, как правило, во взаимодействии с аварийно-спасательными формированиями, привлекаемыми к проведению мероприятий ГО, или самостоятельно.

Основными задачами СВФ МЧС России являются:

а) в мирное время:

проведение мероприятий по поддержанию готовности СВФ МЧС России к выполнению возложенных на них задач;

использование, размещение и своевременное обновление вооружения, техники и других материально-технических средств, предназначенных для проведения АСДНР;

участие в мероприятиях по предупреждению и ликвидации ЧС;

участие в подготовке сил и средств по предупреждению и ликвидации ЧС, а также обучение населения в области ГО;

[31] Лещенко А.П. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

участие в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах по созданию, испытанию и внедрению новых технических средств для защиты населения и территорий, материальных и культурных ценностей при ЧС, а также по разработке технологий проведения АСДНР;

б) в ходе ликвидации ЧС в мирное время:

участие в ведении радиационной, химической и неспецифической бактериологической (биологической) разведки в зонах ЧС, а также на маршрутах выдвижения к ним;

участие в проведении АСДНР по оперативной локализации и ликвидации ЧС природного и техногенного характера на территории РФ, а также на территориях иностранных государств, с которыми у РФ имеются соглашения;

участие в проведении пиротехнических работ, связанных с обезвреживанием авиационных бомб и фугасов, в гуманитарном разминировании;

участие в проведении работ по санитарной обработке населения, обеззараживанию зданий и сооружений, специальной обработке техники, имущества и территорий;

участие в доставке грузов, перевозимых в зоны ЧС, в том числе в качестве гуманитарной помощи иностранным государствам;

участие в обеспечении пострадавшего населения продовольствием, водой, предметами первой необходимости, другими материальными средствами и услугами, жилыми помещениями для временного проживания, а также в оказании пострадавшему населению первой помощи;

участие в мероприятиях по эвакуации населения, материальных и культурных ценностей из зон ЧС;

участие в проведении работ по восстановлению объектов жизнеобеспечения населения;

осуществление совместно с войсками (силами) и средствами федеральных органов исполнительной власти противодействия терроризму;

в) в военное время:

участие в ведение радиационной, химической и неспецифической бактериологической (биологической) разведки в местах проведения АСДНР, а также на маршрутах выдвижения к ним;

участие в обеспечении ввода сил ГО в очаги поражения, зоны заражения (загрязнения) и катастрофического затопления;

участие в проведении АСДНР в очагах поражения, зонах заражения (загрязнения) и катастрофического затопления;

участие в проведении пиротехнических работ, связанных с обезвреживанием авиационных бомб и фугасов;

участие в проведении работ по санитарной обработке населения, обеззараживанию зданий и сооружений, специальной обработке техники, имущества и территорий;

участие в мероприятиях по эвакуации населения, материальных и культурных ценностей из очагов поражения, зон заражения (загрязнения) и катастрофического затопления;

участие в ликвидации последствий применения противником ОМП;

участие в выполнении отдельных мероприятий территориальной обороны и в обеспечении режима военного положения;

участие в проведении работ по восстановлению объектов жизнеобеспечения населения.

Организационно-штатная структура СВФ МЧС России утверждается Министром РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Структура и состав СВФ МЧС России

№ п/п	Структурная единица	Кол-во
1.	Орган управления СВФ МЧС России - структурное подразделение центрального аппарата МЧС России	1
2.	Орган управления СВФ МЧС России - структурное подразделение регионального центра МЧС	8
3.	Орган управления СВФ МЧС России - структурное подразделение органа, специально уполномоченного решать задачи ГОЧС, по субъекту РФ	85
4	СЦ, УСЦ и ЦСООР	10
5	АСЦ	4
6	Орган обеспечения управления СВФ МЧС России - структурное подразделение Национального центра управления в кризисных ситуациях	1
7	Орган обеспечения управления СВФ МЧС России - структурное подразделение центра управления в кризисных ситуациях регионального центра по делам ГОЧС	8
8	Центр обеспечения пунктов управления МЧС России	1
9	ФГБОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»	1

Применение СВФ МЧС России в мирное время осуществляется Министром, в военное время - на основании распоряжения Президента РФ.

Вопросы, связанные с участием СВФ МЧС России в выполнении отдельных задач в области обороны, решаются в соответствии с Планом применения Вооруженных Сил РФ, Мобилизационным планом Вооруженных Сил РФ, указами Президента РФ, приказами и директивами Верховного Главнокомандующего Вооруженными Силами РФ, другими нормативными правовыми актами РФ, документами стратегического планирования по вопросам обороны и планами взаимодействия с органами военного управления.

Обеспечение людскими и транспортными ресурсами для восполнения потерь СВФ МЧС России в военное время осуществляется Министерством обороны РФ.

Основной структурной единицей СВФ МЧС России, способной самостоятельно выполнять возложенные на них задачи, является СЦ МЧС России (см. рис. 4.2.).

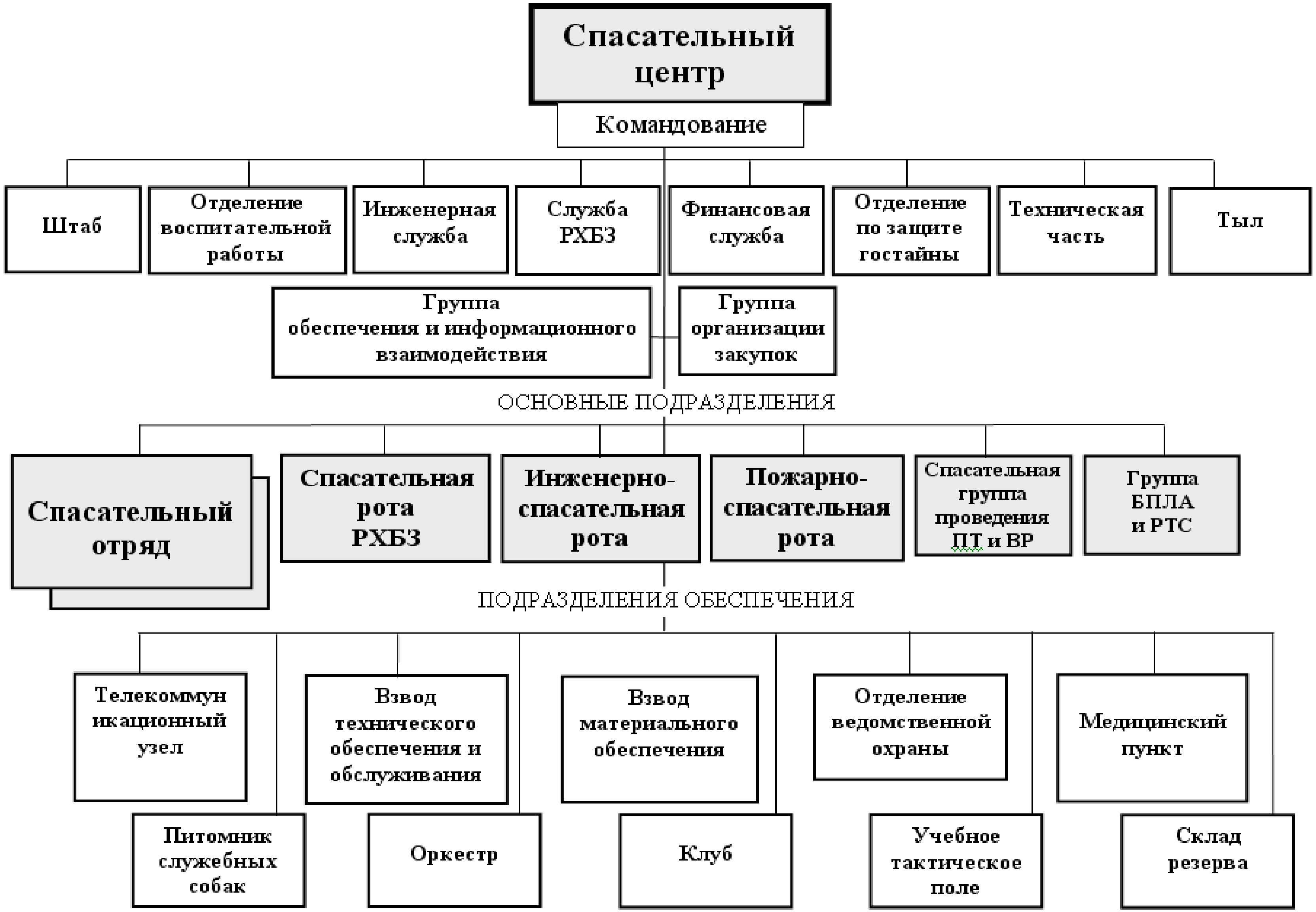


Рис. 4.2. Структура спасательного центра МЧС России

В состав СЦ входят следующие подразделения: спасательные, инженерно-спасательные, спасательные РХБЗ, пожарно-спасательные, спасательные автомобильные, спасательные пиротехнические, разведывательные, робототехнические, медицинские, связи, технического и материального обеспечения.

Основные возможности СЦ МЧС России в данном составе:

прокладка колонных путей для ввода сил ГО в зону ЧС – до 15 км/ч;

розыск пораженных в завалах площадью – от 7500 до 10000 $м^2$/ч;

извлечение пострадавших из завалов и оказание им первой помощи – 200-250 чел./смену;

спасение людей в районах затоплений с помощью плавсредств – 264 чел./рейс;

эвакуировать пораженных из очага поражения на автомобилях – 650 чел./рейс;

доставка гуманитарных грузов в районы бедствий – до 100 т/рейс;

тушение фронта низового пожара – до 3000 м.

Дислокация СВФ МЧС России в установленном порядке определяется Министром по согласованию с органами исполнительной власти субъектов РФ.

Спасательные центры дислоцируются:

Центр спасательных операций особого риска МЧС России «Лидер» – г. Москва;

Ногинский СЦ МЧС России – г. Ногинск, Московская область;

Тульский СЦ МЧС России – п. Кураково, Тульская область;

Невский СЦ МЧС России – г. Колпино, Ленинградская область;

Донской СЦ МЧС России – п. Ковалевка, Ростовская область;

Волжский СЦ МЧС России – г. Самара;

Уральский УСЦ МЧС России – п. Новогорный, Челябинская область;

Сибирский СЦ МЧС России – п. Коченево, Новосибирская область;

Амурский СЦ МЧС России – п. Анастасевка, Хабаровский край;

Камчатский СЦ МЧС России – п. Раздольный, Камчатский край.

Авиационные спасательные центры дислоцируются:

Жуковский АСЦ МЧС России – г. Жуковский, Московская область;

Красноярский АСЦ МЧС России – г. Красноярск;

Хабаровский АСЦ МЧС России – г. Хабаровск.

Порядок приведения в высшие степени боевой готовности СВФ МЧС России определяется приказами и директивами Министра. Приведение СВФ МЧС России в высшие степени боевой готовности в случае агрессии или непосредственной угрозы агрессии против РФ, возникновения вооруженных конфликтов, направленных против РФ, осуществляется по решению Президента РФ.

Порядок выполнения возложенных на СВФ МЧС России задач определяется «Положением о спасательных воинских формированиях МЧС России», а также:

а) в мирное время - соответствующими планами действий СВФ МЧС России, утверждаемыми Министром и начальниками региональных центров по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

б) в военное время - Планом гражданской обороны и защиты населения РФ, утверждаемым Президентом РФ.

СВФ МЧС России в мирное и военное время на период выполнения работ по предупреждению и ликвидации ЧС, АСДНР либо иных задач ГО, территориальной обороны могут передаваться в оперативное подчинение руководителям субъектов РФ, военному командованию в соответствии с планами действий (взаимодействия) по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера в субъектах РФ, планами гражданской обороны и защиты населения РФ и субъектов РФ, а также планами территориальной обороны.

4.4.2. Подразделения Государственной противопожарной службы[32]

Государственная противопожарная служба является составной частью сил обеспечения безопасности личности, общества и государства и координирует деятельность других видов пожарной охраны.

В Государственную противопожарную службу входят:

федеральная противопожарная служба;

противопожарная служба субъектов Российской Федерации.

Федеральная противопожарная служба является составной частью Государственной противопожарной службы и входит в систему Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России).

Федеральная противопожарная служба включает в себя:

структурные подразделения центрального аппарата федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области пожарной безопасности, осуществляющие управление и координацию деятельности федеральной противопожарной службы – *департамент Пожарно-спасательных сил и специальных формирований; управление специальной пожарной охраны*;

структурные подразделения территориальных органов федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области пожарной безопасности, – региональных центров по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, органов, уполномоченных решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъектам Российской Федерации – *Главные управления МЧС России с территориальными подразделениями государственного пожарного надзора, специализированные пожарно-спасательные части, отряды ФПС; центры управления в кризисных ситуациях;*

органы государственного пожарного надзора – *структурное подразделение центрального аппарата МЧС России; управления государственного пожарного надзора территориальных органов МЧС России - региональных центров по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий; управления (отделы, отделения) государственного пожарного надзора территориальных органов МЧС России - органов, специально уполномоченных решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъектам Российской Федерации, и их территориальные отделы (отделения, инспекции); отделы (отделения, инспекции, группы) государственного пожарного надзора подразделений федеральной противопожарной службы, созданных в целях организации профилактики и тушения пожаров в закрытых административно-территориальных образованиях*;

пожарно-технические учреждения (*общеобъектовая пожарно-техническая комиссия (ПТК), Федеральное государственное бюджетное учреждение «Судебно-экспертное учреждение ФПС №93 «Испытательная пожарная лаборатория МЧС России»,* научно-исследовательские учреждения (*Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ВНИИПО), Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий), Всероссийский центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций*

[32] Бобарико А.В., Заусаев А.А. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

МЧС России (Центр «Антистихия»)) и образовательные учреждения (*Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Уральский, Воронежский, Ивановский, институты Государственной противопожарной службы МЧС России; учебные центры ФПС*);

подразделения федеральной противопожарной службы, созданные в целях обеспечения профилактики пожаров и (или) их тушения в организациях (объектовые подразделения) – *отряд, часть и (или) другое, предусмотренное типовыми штатами подразделение ФПС, созданное в организации для осуществления работ по предупреждению и (или) тушению пожаров;*

подразделения федеральной противопожарной службы, созданные в целях организации профилактики и тушения пожаров в закрытых административно-территориальных образованиях, особо важных и режимных организациях (специальные и воинские подразделения) – *Федеральные государственные казенные учреждения «Специальное управление ФПС МЧС России»*;

подразделения федеральной противопожарной службы, созданные в целях организации профилактики и тушения пожаров в населенных пунктах (территориальные подразделения) – *территориальные и местные гарнизоны пожарной охраны (дислоцированные на определённой территории органы управления, подразделения пожарной охраны, научно-исследовательские, пожарно-технических учреждения, учебные заведения, иные, предназначенные для тушения пожаров, противопожарные формирования независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности)*;

подразделения федеральной противопожарной службы, созданные в целях охраны имущества организаций от пожаров на договорной основе – *отряд, часть и (или) другое, предусмотренные типовыми штатами подразделения ФПС, созданные в целях охраны имущества организаций от пожаров на договорной основе*.

Государственный пожарный надзор – специальный вид государственной надзорной деятельности, осуществляемый должностными лицами органов управления и подразделений Государственной противопожарной службы в целях контроля за соблюдением требований пожарной безопасности и пресечения их нарушения.

Федеральный государственный пожарный надзор, за исключением федерального государственного пожарного надзора, осуществляемого в лесах, на подземных объектах, при ведении горных работ, при производстве, транспортировке, хранении, использовании и утилизации взрывчатых материалов промышленного назначения, осуществляется должностными лицами органов государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, являющимися государственными инспекторами по пожарному надзору.

Органы государственного пожарного надзора осуществляют деятельность, направленную на предупреждение, выявление и пресечение нарушений организациями и гражданами требований, установленных законодательством Российской Федерации о пожарной безопасности, посредством организации и проведения в установленном порядке проверок деятельности организаций и граждан, состояния используемых (эксплуатируемых) ими объектов защиты, а также на систематическое наблюдение за исполнением требований пожарной безопасности, анализ и прогнозирование состояния исполнения указанных требований при осуществлении организациями и гражданами своей деятельности.

Органами государственного пожарного надзора являются:

структурное подразделение центрального аппарата Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, в сферу ведения, которого входят вопросы организации и осуществления федерального государственного пожарного надзора;

структурные подразделения территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий – региональных центров по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, в сферу ведения, которых входят вопросы организации и осуществления федерального государственного пожарного надзора;

структурные подразделения территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий – органов, специально уполномоченных решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъектам Российской Федерации, в сферу ведения которых входят вопросы организации и осуществления федерального государственного пожарного надзора, и их территориальные отделы (отделения, инспекции);

структурные подразделения специальных и воинских подразделений федеральной противопожарной службы, в сферу ведения, которых входят вопросы организации и осуществления федерального государственного пожарного надзора, созданных в целях организации профилактики и тушения пожаров в закрытых административно-территориальных образованиях, особо важных и режимных организациях.

Противопожарная служба субъектов Российской Федерации – это совокупность пожарных, пожарно-спасательных подразделений и органов обеспечения деятельности, размещенных на территории и содержащихся за счет бюджета субъекта Российской Федерации.

Она создается в целях защиты личности, имущества, общества и государства от пожаров и реализации на территории субъекта Российской Федерации единой государственной политики в области пожарной безопасности.

Оперативное управление силами и средствами противопожарной службы субъекта Российской Федерации, руководство деятельностью единых дежурных диспетчерских служб, организация подготовки в учреждениях МЧС России специалистов пожарной, пожарно-спасательной служб, а также организацию подготовки должностных лиц субъекта Российской Федерации и муниципальных образований по вопросам гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности обеспечивает территориальный орган МЧС России в рамках соглашений между МЧС России и исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации;

Организационная структура, полномочия, задачи, функции, порядок деятельности федеральной противопожарной службы определяются положением о федеральной противопожарной службе, утверждаемым в установленном порядке. Противопожарная служба субъектов Российской Федерации создается органами государственной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с законодательством субъектов Российской Федерации.

4.4.3. Аварийно-спасательные формирования

[33]Аварийно-спасательное формирование - это самостоятельная или входящая в состав аварийно-спасательной службы структура, предназначенная для проведения аварийно-спасательных работ, основу которой составляют подразделения спасателей, оснащенные специальными техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами.

Правовые основы создания и деятельности аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований и деятельности спасателей составляют Конституция Российской Федерации, настоящий Федеральный закон, Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», другие законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации. Органы местного самоуправления в пределах своих полномочий могут принимать муниципальные правовые акты, регулирующие вопросы создания и деятельности аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований и деятельности спасателей.

Основными принципами деятельности аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований и спасателей являются:

принцип гуманизма и милосердия, предусматривающий приоритетность задач спасения жизни и сохранения здоровья людей, защиты природной среды при возникновении чрезвычайных ситуаций;

принцип единоначалия руководства аварийно-спасательными службами, аварийно-спасательными формированиями;

принцип оправданного риска и обеспечения безопасности при проведении аварийно-спасательных и неотложных работ;

принцип постоянной готовности аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований к оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации и проведению работ по их ликвидации.

В соответствии с законодательством Российской Федерации аварийно-спасательные службы, аварийно-спасательные формирования могут создаваться:

на постоянной штатной основе - профессиональные аварийно-спасательные службы, профессиональные аварийно-спасательные формирования;

на нештатной основе - нештатные аварийно-спасательные формирования;

на общественных началах - общественные аварийно-спасательные формирования.

Профессиональные профессиональные аварийно-спасательные формирования создаются:

в федеральных органах исполнительной власти - решениями Правительства Российской Федерации по представлениям соответствующих министерств, ведомств и организаций Российской Федерации, согласованным с федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, и другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти;

в субъектах Российской Федерации - органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации;

[33] Кузьмин А.И. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

в организациях, занимающихся одним или несколькими видами деятельности, при осуществлении которых законодательством Российской Федерации предусмотрено обязательное наличие у организаций собственных аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, - руководством организаций по согласованию с органами управления при органах исполнительной власти субъектов Российской Федерации, специально уполномоченных на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;

в органах местного самоуправления - по решению органов местного самоуправления, если иное не предусмотрено законодательством Российской Федерации.

Нештатные аварийно-спасательные формирования создаются организациями из числа своих работников в обязательном порядке, если это предусмотрено законодательством Российской Федерации, или по решению администраций организаций в порядке, предусмотренном законодательством Российской Федерации.

Общественные аварийно-спасательные формирования создаются общественными объединениями, уставными задачами которых является участие в проведении работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Федеральным законом «О гражданской обороне» определены два вида нештатных формирований, создаваемых организациями: нештатные аварийно-спасательные формирования и нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне.

Нештатные аварийно-спасательные формирования создают и поддерживают в состоянии готовности организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты I и II классов опасности, особо радиационно-опасные и ядерно-опасные производства и объекты, гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности и гидротехнические сооружения высокой опасности, а также организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты III класса опасности, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне.

Нештатные аварийно-спасательные формирования привлекаются для ликвидации чрезвычайных ситуаций в соответствии с установленным порядком действий при возникновении и развитии чрезвычайных ситуаций, а также для решения задач в области гражданской обороны в соответствии с планами гражданской обороны и защиты населения по решению должностного лица, осуществляющего руководство гражданской обороной на соответствующей территории.

Нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне - формирования, создаваемые организациями из числа своих работников в целях участия в обеспечении выполнения мероприятий по гражданской обороне и проведения, не связанных с угрозой жизни и здоровью людей неотложных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне создают и поддерживают в состоянии готовности организации, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне.

Нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне привлекаются для решения задач в области гражданской обороны в соответствии с планами гражданской обороны и защиты населения по решению должностного лица, осуществляющего руководство гражданской обороной на соответствующей территории.

Типовой порядок создания нештатных формирований по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне определяется федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области гражданской обороны.

Нештатные аварийно-спасательные формирования[34]

НАСФ представляют собой самостоятельные структуры, созданные организациями на нештатной основе из числа своих работников, оснащенные специальными техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами, подготовленные для проведения АСДНР в очагах поражения и зонах ЧС.

Правовые основы создания и деятельности НАСФ составляют Конституция Российской Федерации, Федеральные законы от 12 февраля 1998 г. № 28 «О гражданской обороне», от 22 августа 1995 г. № 151 «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, а также законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации.

Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления могут создавать, содержать и организовывать деятельность НАСФ для выполнения мероприятий на своих территориях в соответствии с планами ГО и защиты населения, планами предупреждения и ликвидации ЧС

Порядок создания НАСФ утвержден приказом МЧС России от 23 декабря 2005 года № 999 «Об утверждении Порядка создания НАСФ» и приказом МЧС России от 30 июня 2014 года № 331«О внесении изменений в Порядок создания НАСФ, утвержденный приказом МЧС России от 23.12.2005 г. № 999». НАСФ создаются с учетом Примерного перечня создаваемых нештатных аварийно-спасательных формирований, определенного приложением 1 приказа МЧС России от 30 июня 2014 года №331. Оснащение НАСФ осуществляется в соответствии с Примерными нормами оснащения (табелизации) НАСФ специальными техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами, установленными приложением 2 того же приказа.

В зависимости от местных условий и при наличии материально-технической базы могут создаваться и другие НАСФ.

Основными задачами НАСФ являются: проведение АСР и первоочередное жизнеобеспечение населения, пострадавшего при ведении военных действий или вследствие этих действий; участие в ликвидации ЧС природного и техногенного характера, а также в борьбе с пожарами; обнаружение и обозначение районов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому (бактериологическому) и иному заражению (загрязнению); санитарная обработка населения, специальная обработка техники, зданий и обеззараживание территорий; участие в восстановлении функционирования объектов жизнеобеспечения населения; обеспечение мероприятий ГО по вопросам охраны общественного порядка, связи и оповещения, защиты животных и растений, медицинского, автотранспортного обеспечения.

Состав, структура и оснащение НАСФ определяются руководителями организаций в соответствии с утвержденным МЧС России Порядком и с учетом методических рекомендаций по созданию, подготовке, оснащению и применению НАСФ, разрабатываемыми МЧС России, исходя из задач ГО и защиты населения, и согласовываются с территориальными органами МЧС России – органами, специально упол-

[34] Федорук В.С. Каф. Каф. 22 «Аварийно-спасательных работ»

номоченными решать задачи ГО и задачи по предупреждению и ликвидации ЧС по субъектам Российской Федерации.

НАСФ привлекаются для ликвидации ЧС в соответствии с установленным порядком действий при возникновении и развитии ЧС, а также для решения задач в области ГО в соответствии с планами ГО и защиты населения по решению должностного лица, осуществляющего руководство ГО на соответствующей территории в соответствии с Федеральным законом от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне».

Федеральные органы исполнительной власти, исходя из статьи 7 Федерального от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне», в отношении бюджетных организаций, находящихся в их ведении, вправе: определять организации, которые создают НАСФ; организовывать создание, подготовку и оснащение НАСФ; вести реестры организаций, создающих НАСФ; организовывать планирование применения НАСФ.

Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления, исходя из статьи 8 Федерального от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне», на соответствующих территориях вправе: определять организации, находящиеся в сфере их ведения, которые создают НАСФ; организовывать создание, подготовку и оснащение НАСФ; вести реестры организаций, создающих НАСФ, и осуществляют их учет; организовывать планирование применения НАСФ.

Организации, создающие НАСФ: разрабатывают структуру и табели оснащения НАСФ специальными техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами; укомплектовывают НАСФ личным составом, оснащают их специальными техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами; осуществляют подготовку и руководство деятельностью НАСФ; осуществляют всестороннее обеспечение НАСФ; осуществляют планирование и применение НАСФ; поддерживают НАСФ в состоянии готовности к выполнению задач по предназначению.

При создании НАСФ учитываются наличие и возможности, имеющихся в организации штатных АСС, АСФ.

МЧС России и его территориальные органы осуществляют методическое руководство и контроль созданием обеспечением готовности НАСФ.

НАСФ подразделяются: по подчиненности: территориальные и организаций; по численности: отряды, команды, группы, звенья, посты. Количество и перечень создаваемых НАСФ определяется исходя из прогнозируемых объемов проведения АСДНР при возникновении ЧС и их возможностей по проведению указанных работ.

Для НАСФ сроки приведения в готовность не должны превышать: в мирное время – 6 часов, военное время – 3 часов.

Личный состав НАСФ комплектуется за счет работников организаций. Военнообязанные, имеющие мобилизационные предписания, могут включаться в НАСФ на период до их призыва (мобилизации). Зачисление граждан в состав НАСФ производится приказом руководителя организации. Основной состав руководителей и специалистов НАСФ, предназначенных для непосредственного выполнения АСР, в первую очередь, комплектуется аттестованными спасателями.

Обеспечение НАСФ специальными техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами осуществляется за счет техники и имущества, имеющихся в организациях.

Накопление, хранение и использование материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, предназначенных для оснащения НАСФ, осуществляется в соответствии с Методическими рекомендациями по созданию, подготовке, оснащению и применению НАСФ. Финансирование мероприятий по созданию, подготовке, оснащению и применению НАСФ осуществляется за счет финансовых средств организаций, создающих НАСФ, с учетом положений статьи 9 Федерального закона от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне».

Подготовка и обучение НАСФ для решения задач ГО и защиты населения осуществляются в соответствии с законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, организационно-методическими указаниями МЧС России по подготовке органов управления, сил ГО и РСЧС, организационно-методическими указаниями МЧС России по подготовке населения Российской Федерации в области ГО, защиты от ЧС, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах, нормативно-методическими документами организаций, создающих НАСФ.

Подготовка НАСФ включает: обучение по программам подготовки спасателей в образовательных организациях, образовательных подразделениях АСС, АСФ или организаций, имеющих соответствующие лицензии на право ведения образовательной деятельности по программам подготовки к ведению АСР, в соответствии с Положением о проведении аттестации АСС, АСФ, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателей, утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2011 г. № 1091 «О некоторых вопросах аттестации АСС, АСФ , спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя»; обучение руководителей формирований в учебно-методических центрах по ГО и ЧС субъектов Российской Федерации и на курсах ГО муниципальных образований; обучение личного состава в организации в соответствии с примерной программой обучения личного состава НАСФ, рекомендуемый МЧС России; участие формирований в учениях и тренировках по ГО и защите от ЧС.

Обучение личного состава НАСФ в организации включает базовую и специальную подготовку. Обучение планируется и проводится по программе подготовки НАСФ в рабочее время. Примерные программы обучения НАСФ разрабатываются и утверждаются МЧС России. Темы специальной подготовки отрабатываются с учетом предназначения НАСФ.

Основным методом проведения занятий является практическая тренировка (упражнение). Теоретический материал изучается в минимальном объеме, необходимом обучаемым для правильного и четкого выполнения практических приемов и действий. При этом используются современные обучающие программы, видеофильмы, плакаты, другие наглядные пособия.

Практические и тактико-специальные занятия организуют и проводят руководители НАСФ, а на учебных местах – командиры структурных подразделений НАСФ. Занятия проводятся в учебных городках, на участках местности или на территории организации. На тактико-специальные занятия НАСФ выводятся в полном составе, с необходимым количеством специальной техники, оборудования, снаряжения, инструментов и материалов. Практические занятия с НАСФ разрешается проводить по структурным подразделениям. Занятия по темам специальной подготовки могут проводиться также путем сбора под руководством начальника соответствующей спасательной службы.

Личный состав НАСФ должен:

знать характерные особенности опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, и способы защиты от них; особенности ЧС природного и техногенного характера; поражающие свойства отравляющих веществ, аварийно химически опасных веществ, применяемых в организации, порядок и способы защиты при их утечке (выбросе); предназначение формирования и функциональные обязанности; производственные и технологические особенности организации, характер возможных АСДНР, вытекающих из содержания паспорта безопасности объекта; порядок оповещения, сбора и приведения формирования в готовность; место сбора формирования, пути и порядок выдвижения к месту возможного проведения АСДНР; назначение, технические данные, порядок применения и возможности техники, механизмов и приборов, а также средств защиты, состоящих на оснащении формирования; порядок проведения санитарной обработки населения, специальной обработки техники, зданий и обеззараживания территорий;

уметь выполнять функциональные обязанности при проведении АСР; поддерживать в исправном состоянии и грамотно применять специальные технику, оборудование, снаряжение, инструменты и материалы; оказывать первую помощь раненым и пораженным, а также эвакуировать их в безопасные места; работать на штатных средствах связи; проводить санитарную обработку населения, специальную обработку техники, зданий и обеззараживание территорий; незамедлительно реагировать на возникновение аварийной ситуации на потенциально опасном объекте, принимать меры по ее локализации и ликвидации; выполнять другие АСР, обусловленные спецификой конкретной организации.

Особое внимание при обучении обращается на безопасную эксплуатацию и обслуживание гидравлического и электрифицированного аварийно-спасательного инструмента, электроустановок, компрессоров, работу в средствах защиты органов дыхания и кожи, а также при применении других технологий и специального снаряжения (альпинистского, водолазного).

4.4.4. Спасательные службы[35]

Потенциальные опасности военного, техногенного, природного характера во многом определяют основные задачи и направления развития сил гражданской обороны. При этом учитываются и такие факторы, как реальные экономические возможности государства, ограниченный потенциал отечественного оборонно-промышленного комплекса, масштабы прогнозируемых последствий военного воздействия на потенциально опасные и иные объекты, оценка опасностей и угроз природного и техногенного характера, демографическая ситуация в стране, возможный призыв на военную службу многих профессиональных спасателей в случае объявления мобилизации.

В соответствии со статьей 3 «Положения о гражданской обороне в Российской Федерации», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2007 г. № 804 «федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и организации в целях решения задач в области гражданской обороны в соответствии с установленными полномочиями *создают и содержат силы*, средства, объекты граждан-

[35] Кузьмин А.И. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

ской обороны, запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, планируют и осуществляют мероприятия по гражданской обороне».

Это же положение закреплено и в «Положении об организации и ведении гражданской обороны в муниципальных образованиях и организациях», утвержденном приказом МЧС России от 14 ноября 2008 г. № 687: «Органы местного самоуправления и организации в целях решения задач в области гражданской обороны в соответствии с полномочиями в области гражданской обороны *создают и содержат силы*, средства, объекты гражданской обороны, запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, планируют и осуществляют мероприятия по гражданской обороне».

В свою очередь, состав сил гражданской обороны, как это уже отмечалось выше, определен Федеральным законом «О гражданской обороне».

«Положение об организации и ведении гражданской обороны в муниципальных образованиях и организациях» определяет, что по решению органов местного самоуправления (организаций) *могут создаваться* спасательные службы (медицинская, инженерная, коммунальная, противопожарная, охраны общественного порядка, защиты животных и растений, оповещения и связи, защиты культурных ценностей, автотранспортная, торговли и питания и другие), организация и порядок деятельности которых определяются создающими их органами и организациями в соответствующих положениях о спасательных службах.

Данная статья «Положения…» определяет рекомендуемый перечень спасательных служб, так как обязательность их создания как структур, входящих в состав сил ГО, уже определена (см. выше).

Спасательные службы это самостоятельные, созданные на нештатной основе организационно-технические объединения органов управления, сил и средств гражданской обороны, оснащенные специальными техникой, оборудованием, снаряжением, инструментами и материалами, обладающие сходным профилем деятельности, подготовленные и способные, независимо от формы их собственности и ведомственной принадлежности (подчиненности), к совместному проведению конкретного вида специальных мероприятий гражданской обороны.

Службы в своей деятельности руководствуются Конституцией РФ, Указами Президента РФ, постановлениями Правительства РФ, нормативно-правовыми актами государственных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления.

Применение спасательных служб осуществляется по планам гражданской обороны федеральных органов исполнительной власти и организаций, по планам гражданской обороны и защиты населения органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и муниципальных образований.

В *состав спасательной службы* входят органы управления, силы и средства ГО, предназначенные для проведения мероприятий по гражданской обороне, всестороннего обеспечения действий аварийно-спасательных формирований и выполнения других неотложных работ при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Вид и количество спасательных служб, создаваемых органами местного самоуправления и организациями, определяются на основании расчета объема и характера выполняемых в соответствии с планами гражданской обороны и защиты населения (планами ГО) задач.

Положение о спасательной службе муниципального образования разрабатывается органом местного самоуправления, согласовывается с руководителем соответствующей спасательной службы субъекта Российской Федерации и утверждается руководителем органа местного самоуправления.

Положение о спасательной службе организации разрабатывается организацией и согласовывается с органом местного самоуправления, руководителем соответствующей спасательной службы муниципального образования и утверждается руководителем организации.

Методическое руководство созданием и обеспечением готовности сил и средств гражданской обороны, а также контроль в этой области осуществляется Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее - МЧС России) и его территориальными органами.

«Положением об организации и ведении гражданской обороны в муниципальных образованиях и организациях» определены конкретные задачи органов управления различного уровня по созданию спасательных служб.

Так, *органы местного самоуправления* планируют и осуществляют:

создание, оснащение и подготовку в области гражданской обороны аварийно-спасательных формирований и спасательных служб, а также планирование их действий.

Организации планируют и осуществляют следующие основные мероприятия:

создание, оснащение и подготовку нештатных аварийно-спасательных формирований организациями, имеющими потенциально опасные производственные объекты и эксплуатирующими их, а также имеющими важное оборонное и экономическое значение или представляющими высокую степень опасности возникновения чрезвычайных ситуаций в военное и мирное время;

создание, оснащение и подготовку организациями, отнесенными в установленном порядке к категориям по ГО и (или) продолжающими или переносящими в загородную зону производственную деятельность в военное время, спасательных служб.

Руководство спасательными службами осуществляют:

общее - руководители гражданской обороны соответствующих министерств, ведомств, субъектов РФ, городов, районов и объектов экономики;

непосредственное - начальники этих служб;

методическое – органы управления по делам ГОЧС, которые осуществляют координацию и контроль деятельности служб.

Начальники территориальных спасательных служб, их заместители и начальники штабов указанных служб назначаются решениями соответствующих органов исполнительной власти и органов местного самоуправления.

Начальники спасательных служб организаций должны назначаться руководителями организаций.

Для управления службами при начальниках служб создаются органы управления служб, которые могут состоять из отделов, отделений и групп. За организацию работы органа управления службы отвечает его начальник.

Ответственность за подготовку сил и средств служб несут начальники служб, а также руководители предприятий, учреждений и организаций, на базе которых созданы эти силы.

Спасательные службы *предназначены* для:

проведения мероприятий по гражданской обороне, защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, включая подготовку необходимых сил и средств;

обеспечения действий нештатных аварийно-спасательных формирований в ходе проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при ликвидации ЧС в мирное время.

Общими задачами всех спасательных служб являются:

проведение аварийно-спасательных работ и первоочередное жизнеобеспечение населения, пострадавшего при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при ЧС в мирное время;

выполнение специальных мероприятий гражданской обороны, а также специальных мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера в соответствии с профилем службы;

участие в восстановлении функционирования объектов жизнеобеспечения населения;

создание и подготовка органов управления и формирований службы к выполнению специальных и других мероприятий гражданской обороны;

обеспечение действия сил гражданской обороны в ходе проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ;

организация управления подчиненными органами и силами, их всестороннее обеспечение необходимыми материально-техническими средствами;

организация и поддержание взаимодействия с органами управления и силами гражданской обороны;

учет формирований, входящих в состав служб, организаций и учреждений, привлекаемых для решения задач гражданской обороны, их укомплектованности личным составом, техникой и имуществом;

защита личного состава, техники и имущества служб от поражающих факторов современных средств поражения, аварий, катастроф и стихийных бедствий.

Виды спасательных служб:

спасательная служба общего назначения;

медицинская спасательная служба;

спасательная служба охраны общественного порядка;

противопожарная спасательная служба;

инженерная спасательная служба;

автотранспортная (автодорожная) спасательная служба;

коммунально-техническая спасательная служба;

спасательная служба оповещения и связи;

спасательная служба санитарной обработки и обеззараживания;

спасательная служба торговли и питания;

спасательная служба защиты животных и растений;

спасательная служба материально-технического снабжения;

спасательная техническая служба;

спасательная служба энергоснабжения и светомаскировки;

спасательная служба убежищ и укрытий;

спасательная служба снабжения горюче-смазочными материалами;

спасательная служба защиты материальных и культурных ценностей;

спасательная служба обеспечения безопасности жизнедеятельности;

служба радиационной и химической защиты.

При необходимости и наличии соответствующих сил создаются и другие спасательные службы, особенно в районах (городах) и объектах экономики. Например, аварийно-технические, водоснабжения и другие.

Решение об их создании принимается органами исполнительной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления и руководителями организаций в соответствии с их полномочиями. Оформляется приказами соответствующих руководителей гражданской обороны.

Задачи, организация и деятельность спасательных служб определяются положениями о данных службах.

База создания спасательных служб и их особые задачи определяются профилем службы. Приведем некоторые примеры создания спасательных служб.

Медицинская спасательная служба - создается на базе органов и учреждений здравоохранения, санитарно-эпидемиологического надзора и предназначена для оказания всех видов медицинской помощи и медицинского обеспечения населения.

Начальником медицинской службы назначается начальник (заведующий) управления, отдела здравоохранения.

Спасательная служба охраны общественного порядка (ООП) - создается на базе органов внутренних дел и предназначена для:

организации и поддержания общественного порядка в городах, населенных пунктах и на объектах экономики, в очагах поражения, местах сосредоточения людей и на транспортных магистралях;

обеспечения безопасности и регулирования дорожного движения;

охраны государственной и частной собственности;

борьбы с преступностью;

ведения учета потерь населения.

Начальником службы ООП назначается заместитель начальника управления (отдела) внутренних дел.

Противопожарная спасательная служба - создается на базе органов и подразделений пожарной охраны и предназначена для:

организации и осуществления контроля за проведением профилактических, противопожарных мероприятий;

тушения массовых пожаров;

противопожарного обеспечения АСДНР в очагах поражения.

Инженерная спасательная служба - создается на базе строительных, строительно-монтажных и других родственных по профилю министерств, ведомств, предприятий, учреждений, организаций и предназначена для:

планирования и организации строительства защитных сооружений и инженерного обеспечения ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения;

инженерного обеспечения мероприятий по ликвидации последствий стихийных бедствий и крупных производственных аварий.

Начальником инженерной службы назначается заместитель главы администрации, ведающий вопросами капитального строительства, или руководитель наиболее крупной строительной организации.

Автотранспортная (автодорожная) спасательная служба - создается на базе территориально-транспортных органов управления, подведомственных им организаций, а также автотранспортных предприятий и компаний, участвующих в организа-

ции и осуществлении автомобильных пассажирских и грузовых перевозок и предназначена для обеспечения перевозок, предусмотренных планами ГО.

Коммунально-техническая спасательная служба - создается на базе организаций и предприятий жилищно-коммунального хозяйства, мелиорации и водного хозяйства, а также других родственных им по профилю предприятий и организаций и предназначена для:

планирования и выполнения организационно - технических мероприятий по повышению устойчивости коммунально-энергетических сетей;

проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ на коммунально-энергетических сетях и сооружениях на них;

санитарной обработки людей и обеззараживания одежды.

Начальником коммунально-технической службы назначается руководитель жилищно-коммунального хозяйства.

Спасательная служба санитарной обработки и обеззараживания - создается на базе организаций и предприятий бытового обслуживания и предназначена для:

проведения санитарной обработки людей;

обеззараживания одежды и средств индивидуальной защиты в условиях радиоактивного, химического, бактериологического заражения и при возникновении эпидемии на территориях.

Начальником службы назначается начальник областного управления (республиканского министерства) бытового обслуживания.

Спасательная служба торговли и питания - создается на базе учреждений, предприятий и компаний торговли и предназначена для:

защиты запасов материальных ценностей;

обеспечения продовольствием и промышленными товарами первой необходимости личного состава невоенизированных формирований ГО в ходе аварийно-спасательных и других неотложных работ;

пострадавшего населения в отрядах медицинской помощи и медицинских подразделениях частей гражданской обороны.

Начальником службы назначается начальник областного (республиканского) управления торговли.

Спасательная служба защиты животных и растений - создается на базе территориальных органов управления агропромышленного профиля, учреждений, предприятий, сельскохозяйственного назначения, частных фермерских хозяйств и иных субъектов хозяйственной деятельности, занимающихся сельскохозяйственным производством и предназначена для:

организации и выполнения мероприятий по защите сельскохозяйственных животных и растений, продукции животноводства и растениеводства, водоисточников и систем водоснабжения от ядерного, химического и бактериологического (биологического) оружия, по ликвидации последствий воздействия этого оружия на сельскохозяйственное производство.

Начальником службы назначается начальник управления (отдела) сельского хозяйства.

Спасательная служба материально-технического снабжения - создается на базе снабженческих и снабженческо-сбытовых органов управления, учреждений, предприятий, организаций и предназначена для:

обеспечения НАСФ всеми видами материально-технического снабжения (строительными материалами, рабочим инвентарем и специальной одеждой, дегазирующими и другими материалами, необходимыми для выполнения задач ГО).

Спасательная техническая служба - создается на базе организаций и предприятий, осуществляющих производственно-техническое обслуживание сельского хозяйства и других отраслей экономики, ремонт разнообразной техники, обеспечение ее запасными частями и предназначена для:

поддержания техники, привлекаемой для целей ГО, в исправном состоянии и постоянной готовности к решению задач гражданской обороны;

ремонта и восстановления поврежденной техники;

обеспечения ремонтных предприятий запасными частями для ремонта техники.

Спасательная служба энергоснабжения и светомаскировки - создается на базе органов управления и предприятий энергетики и электрификации и предназначена для:

планирования и организации выполнения мероприятий, направленных на повышение устойчивости работы системы энергоснабжения, организации восстановительных и других неотложных работ на сетях, в очагах поражения и в районах стихийных бедствий;

планирования, организации и контроля выполнения светомаскировочных мероприятий.

Спасательная служба убежищ и укрытий - создается на базе жилищно-эксплуатационных органов или родственных им подразделений территориальных органов управления, подчиненных им предприятий, а также соответствующих подразделений объектов экономики и предназначена для:

организации содержания защитных сооружений в готовности к приему укрываемых и правильной их эксплуатации, ремонта и восстановления.

Спасательная служба снабжения горюче-смазочными материалами (ГСМ) - создается на базе организаций снабжения нефтепродуктами и предназначена для:

обеспечения горючим и смазочными материалами автотранспорта и инженерной техники, привлекаемых для проведения мероприятий ГО.

Обеспечение ГСМ осуществляется с помощью стационарных и подвижных автозаправочных станций.

Для успешного проведения АСДНР спасательные службы обязаны:

заблаговременно изучить особенности и характеристику возможных участков (объектов) работ;

знать районы расположения формирований, возможные их задачи, состояние дорог и намечаемых маршрутов к участкам работ;

оценить возможные последствия ударов противника с учетом гидрометеорологических и других условий;

обеспечить подчиненные службы и формирования картами, схемами или копировками из плана предполагаемых участков (объектов) работ с нанесенными на них и привязанными к ориентирам защитными сооружениями и другими объектами, имеющими значение для проведения спасательных работ.

Все данные об обстановке, влияющие на выполнение задач, и предложения начальники служб докладывают руководителю ГО, вышестоящему органу управления службы, информируют подчиненных и соседей.

При проведении АСДНР в очаге поражения (зоне ЧС) службы руководят:

действиями подчиненных формирований;

поддерживают режим и порядок работы;

следят за соблюдением мер защиты и безопасности личного состава формирований;

в соответствии с решением руководителя ГО (руководителя ликвидацией ЧС) ставят дополнительные задачи подчиненным и при необходимости перераспределяют силы и средства по участкам (объектам) работ;

обеспечивают формирования материальными средствами; ведут учет выполненных работ и потерь личного состава;

докладывают руководителю гражданской обороны (руководителю ликвидацией ЧС) и вышестоящему органу управления службы о ходе выполнения поставленных задач.

Службы для успешного решения задач должны:

уделять внимание совместной работе с органами управления ГОЧС и другими службами;

составлять совместный план проведения мероприятий;

систематически обмениваться информацией об обстановке и своевременно реагировать на ее изменения;

своевременно представлять сведения о ходе выполнения службами мероприятий по обеспечению;

осуществлять совместный контроль за решением задач обеспечения и оказанием практической помощи подчиненным.

Свои задачи службы выполняют в тесном взаимодействии с соответствующими органами управления по делам ГОЧС.

4.4.5. Нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне

(после выхода приказа МЧС)

4.4.6. Специальные формирования[36]

В соответствии с Федеральным законом от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне» с 1 января 2011 года в состав сил гражданской обороны включены специальные формирования, которые создаются на военное время в целях решения задач в области гражданской обороны.

Под специальными формированиями понимаются воинские подразделения и гражданские организации, создаваемые на военное время для выполнения отдельных задач в области обороны.

В целом специальные формирования предназначены не только для решения задач в области гражданской обороны, а также:

для технического прикрытия, восстановления, эксплуатации, ремонта и строительства объектов транспорта и связи;

эвакуации раненных и больных;

медицинского, ветеринарно-санитарного, геологического и гидрометеорологического обеспечения обороны;

охраны общественного порядка и обеспечения общественной безопасности.

Причиной включения специальных формирований явилось снятие мобилизационного задания с МЧС России, которым предусматривалось развертывание на военное время воинских частей различного предназначения.

[36] Хайрутдинов Ш.В. Каф. 81 «Мобилизационной подготовки»

Решение о включении специальных формирований в состав сил гражданской обороны было принято на основании следующих выводов:

во-первых, существующая численность спасательных формирований не позволяет в полном объеме выполнять комплекс аварийно-спасательных работ в крупномасштабного воздействия средств поражения противника по территории страны. В то же время в распоряжении органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления имеется достаточное количество хорошо подготовленных и оснащенных пожарных частей, и аварийно-спасательных формирований. В военное время возникает проблема их применения, так как личный состав данных пожарных частей и аварийно-спасательных формирований может быть призван по мобилизации для направления в Вооруженные силы Российской Федерации;

во-вторых, некоторые из задач гражданской обороны являются специфическими и к их решению целесообразно привлекать специально подготовленные и оснащенные подразделения, которые находятся в ведении федеральных органов исполнительной власти и могут быть использованы в военное время.

Правовой основой создания и подготовки специальных формирований является Конституция Российской Федерации, Федеральный конституционный закон от 30 января 2002 г. № 1-ФКЗ «О военном положении», федеральные законы от 31 мая 1996 г. № 61-ФЗ «Об обороне» и от 26 февраля 1997 г. № 31-ФЗ «О мобилизационной подготовке и мобилизации в Российской Федерации», а так же другие федеральные законы и нормативные правовые акты по вопросам обороны, мобилизационной подготовки и мобилизации.

На основании Федерального закона от 26 февраля 1997 г. № 31-ФЗ «О мобилизационной подготовке и мобилизации в Российской Федерации» создание и подготовка специальных формирований является составной частью мобилизационной подготовки и мобилизации в Российской Федерации.

В основу создания специальных формирований положены следующие принципы:

мобилизационные задания на создание специальных формирований устанавливаются Правительством Российской Федерации федеральным органам исполнительной власти;

к выполнению мобилизационных заданий на создание специальных формирований могут привлекаться органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации;

федеральные органы исполнительной власти размещают мобилизационные задания на создание специальных формирований в организациях, которые находятся в их ведении или с которыми они связаны при осуществлении своей деятельности (далее – организации-формирователи), и информируют об этом Военно-промышленную комиссию при Правительстве Российской Федерации (далее – ВПК) и при необходимости органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, на территории которых расположены организациями-формирователями;

мобилизационная подготовка специальных формирований проводится федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и организациями-формирователями.

За создание специальных формирований в Российской Федерации отвечают федеральные органы исполнительной власти такие как: Минобороны России, МВД России, МЧС России, Минюст России, Минздрав России, Минприроды России (Росгидромет, Роснедра), Минкомсвязи России (Роспечать, ОАО «Мегафон»), Мин-

сельлхоз России (Россельхознадзор, Росрыбхоз), Минтранс России (Росавиация, Росавтодор, Росжелдор, Росморречфлот), Минэнерго России, Центробанк России.

Подготовка специальных формирований заключается в выполнении целого комплекса мероприятий в мирное время и в период мобилизации.

Руководители федеральных органов исполнительной власти несут ответственность за организацию мобилизационной подготовки и состояние мобилизационной готовности специальных формирований.

Особое место в работе органов власти занимают вопросы всестороннего обеспечения развертывания специальных формирований.

Комплектование специальных формирований личным составом для прохождения военной службы на воинских должностях или для работы на должностях гражданского персонала осуществляется в соответствии со штатами специальных формирований и комплектуется из следующих категорий граждан:

а) специалистами из числа граждан, пребывающих в запасе, работающих в мирное время в организациях-формирователях.

б) гражданами, пребывающими в запасе и состоящими на общем воинском учете.

в) специалистами из числа граждан, не состоящих на воинском учете и работающих в мирное время в организациях-формирователях.

г) гражданами, не состоящими на воинском учете, путем их найма на работу в период мобилизации и в военное время на соответствующие штатные должности.

Комплектование транспортными средствами специальных формирований осуществляется:

транспортными средствами организаций-формирователей другими организациями и гражданами в соответствии с военно-транспортной обязанностью;

транспортными средствами из ресурсов федеральных органов исполнительной власти.

Номенклатура и количество вооружения, техники и других материальных средств определяются штатами и табелями к штатам специальных формирований и нормами обеспечения (снабжения).

В штатах указывается количество основных образцов вооружения и техники, а в табелях к штатам – в полном объеме техника, имущество и другие материальные средства. Отдельным разделом в табелях к штатам указываются вооружение, боеприпасы, военная техника и другие материальные средства, обеспечение которыми возложено на Министерство обороны Российской Федерации.

В период мобилизации порядок обеспечения специальных формирований, создаваемых на военное время в целях решения задач в области гражданской обороны, вооружением, военной и специальной техникой и другими материальными средствами будет осуществляться МЧС России.

В соответствии с мобилизационным планом Вооруженных Сил Российской Федерации создаются 100 специальных формирований, в целях решения задач в области гражданской обороны.

Типовыми специальными формированиями, создаваемыми на базе существующих в настоящее время пожарных частей и аварийно-спасательных формирований субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, являются:

пожарно-спасательные отряды (80 отрядов);

спасательные отряды (20 отрядов).

Общая численность специальных формирований, создаваемых в целях решения задач в области гражданской обороны составляет 9200 человек. Все специальные формирования будут распределены по субъектам Российской Федерации (от одного до трех отрядов). В некоторых субъектах Российской Федерации не будут создаваться специальные формирования.

Для обеспечения специальных формирований военной и специальной техникой и другими материальными средствами будут использоваться запасы материальных ценностей мобилизационного резерва.

Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления в период мобилизации и в военное время обязаны оказывать содействие и помощь создаваемым на военное время специальных формирований и обеспечивать эти формирования:

недостающими зданиями, помещениями для расквартирования, выделять работников для оборудования предоставленных зданий и помещений;

земельными участками для лагерей, стрельбищ, учебных полей и других объектов и всеми видами коммунальных услуг;

дополнительными стационарными средствами связи (телефонами, телеграфом и другими);

транспортными средствами для их обслуживания до прибытия транспортных средств, предназначенных для их укомплектования;

недостающими столовыми, ларьками, буфетами и организациями бытового обслуживания;

недостающими техническими средствами, использующимися для воспитательной работы личного состава;

полиграфической базой, эфирным временем на телевидении и радио для трансляции материалов в их интересах.

Все вопросы обеспечения из местных ресурсов потребностей специальных формирований при мобилизации и в военное время рассматриваются и утверждаются в установленном порядке на суженных заседаниях органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или органов местного самоуправления.

Планирование подготовки создания на военное время специальных формирований возлагается на федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, организации - формирователи и предусматривает:

разработку и утверждение мобилизационных планов организаций-формирователей;

разработку и утверждение штатов и табелей к штатам специальных формирований;

организацию оповещения, сбора, приема и распределения людских мобилизационных ресурсов;

организацию укомплектования личным составом, транспортными средствами и обеспечения вооружением, военной и специальной техникой и другими материальными средствами;

подготовку техники, предназначенной при объявлении мобилизации для подготовки в специальные формирования;

создания и подготовку в установленном порядке пунктов приема личного состава и техники специальных формирований;

проведение учений и тренировок.

Финансирование мероприятий по мобилизационной подготовке специальных формирований осуществляется в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

Контроль за подготовкой и созданием на военное время специальных формирований в части обеспечения и выполнения федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и организациями-формирователями мероприятий по подготовке и созданию на военное время специальных формирований возлагается на Минобороны России, в части выполнения организациями-формирователями мероприятий по подготовке и созданию на военное время специальных формирований возлагается на федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, в части, касающиеся ежегодно в установленном порядке докладывают о выполнении мероприятий мобилизационной подготовки и мобилизационной готовности специальных формирований.

Выполнение комплекса мероприятий по мобилизационной подготовке специальных формирований, создаваемых на военное время в целях решения задач в области гражданской обороны является одной из важных задач мобилизационной подготовки экономики. Ее решение требует большого количества организационных решений со стороны МЧС России, финансовых затрат, привлечения большого количества людских и материальных ресурсов.

4.5. Планирование мероприятий гражданской обороны[37]

Планирование мероприятий гражданской обороны включает оперативное планирование, которое является составной частью подготовки и ведения гражданской обороны и имеет основной целью обеспечение организованного перевода гражданской обороны с мирного на военное время, проведения мероприятий по защите населения, его первоочередному жизнеобеспечению и повышению устойчивости функционирования объектов экономики в военное время, поддержанию в готовности систем управления, связи и оповещения, а также по созданию группировок сил и средств для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в возможных очагах поражения и их всестороннего обеспечения.

В обязательном порядке разрабатываются План гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации, планы гражданской обороны федеральных органов исполнительной власти, планы гражданской обороны и защиты населения субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, планы гражданской обороны организаций.

План гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации разрабатывается Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в соответствии с Положением о Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, утвержденным Указом Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868.

[37] Ежергин С.С. Каф. 11«Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

Федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления разрабатывают и реализуют планы гражданской обороны, а организации планируют и организуют проведение мероприятий по гражданской обороне в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне».

План гражданской обороны и защиты населения (план гражданской обороны) представляет собой комплекс документов, в которых на основе оценки возможной обстановки детализируется решение соответствующего руководителя гражданской обороны по реализации мероприятий, действиям органов управления и сил гражданской обороны, намечаются целесообразные способы и последовательность выполнения важнейших оперативных задач, порядок взаимодействия, организации всех видов обеспечения и управления мероприятиями гражданской обороны.

План гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации разрабатывается на основе единых подходов к отражению возможных вооруженных агрессий в рамках подготовки Плана обороны Российской Федерации. Наиболее вероятный сценарий ведения военных действий на территории Российской Федерации предусматривает применение по объектам тыла только обычных, специальных или высокоточных неядерных боеприпасов, имеющихся на вооружении вероятного противника.

В основу Плана гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации заложены базовые сценарии ведения войн и вооруженных конфликтов, согласованные с Генеральным штабом Вооруженных сил Российской Федерации. Впервые в практике планирования оценка возможной обстановки была возложена на территориальные органы МЧС России. Это обусловлено тем, что грамотно выбрать объекты, разрушение которых окажет существенное влияние на условия жизнеобеспечения региона и устойчивость его функционирования, можно только зная реальную обстановку на данной территории. Исходя из данного порядка планирования мероприятий гражданской обороны, издан приказ МЧС России от 16.03.2012 № 70 [3], на основе которого органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и федеральные органы исполнительной власти разрабатывают планы гражданской обороны и защиты населения (планы гражданской обороны)

Текстовая часть планов гражданской обороны и защиты населения состоит из трех разделов:

краткая оценка возможной обстановки после нападения противника с применением современных средств поражения;

выполнение мероприятий по гражданской обороне при приведении в готовность гражданской обороны;

выполнение мероприятий по гражданской обороне при внезапном нападении противника.

Основу плана гражданской обороны и защиты населения составляет его оперативная часть — детально разработанное решение на подготовку и ведение гражданской обороны — на карте с пояснительной запиской.

К планам разрабатываются необходимые приложения, в которых раскрывается и детализируется содержание текстовой части.

План гражданской и защиты населения (планы гражданской обороны) ежегодно уточняется до 1 марта по состоянию на 1 января текущего года, а также при принятии Президентом Российской Федерации решения о непосредственной подготовке к переводу Российской Федерации на условия военного времени при нарастании

угрозы агрессии против Российской Федерации до объявления мобилизации в Российской Федерации.

Корректировка планов гражданской обороны осуществляется при необходимости в ходе ведения гражданской обороны в соответствии с реально складывающейся обстановкой.

Переработка плана гражданской обороны осуществляется в случае существенных изменений структуры федерального органа исполнительной власти (организации) по решению соответствующего руководителя федерального органа исполнительной власти (организации) или по решению МЧС России.

4.6. Организация взаимодействия[38]

Под взаимодействием понимается согласованные по целям, задачам, месту, времени и способам выполнения задач действия разнородных сил для достижения определенных целей (задач).

Сущность взаимодействия при выполнении задач ГО заключается в повышении эффективности действия сил гражданской обороны в условиях военного времени и безусловного достижения поставленной цели.

Это достигается привлечением дополнительных органов управления и сил к созданной группировке, согласования и объединения их усилий (действий) для выполнения конкретных задач.

Организация взаимодействия по целям и задачам заключается в определении роли и места каждого органа управления, подразделения, формирования в достижении определенной цели, выполнении каждой поставленной задачи и проведении каждого намеченного мероприятия.

Организация взаимодействия по способам выполнения задач – это определение наиболее целесообразных и эффективных приемов применения сил и средств различного назначения при выполнении задач и проведении мероприятий, а также форм маневра ими в ходе выполнения задач и проведения мероприятий.

Организация взаимодействия по месту состоит в согласовании усилий (действий) по направлениям, маршрутам, районам, объектам экономики, участкам и объектам проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Организация взаимодействия по времени – это согласование усилий (действий) по срокам выполнения задач и проведения мероприятий, а также по другим временным показателям (срокам прибытия и готовности ОУ и сил к выполнению задач и проведению определенных мероприятий, срокам обеспечения работ необходимыми средствами и др.).

Организация взаимодействия при выполнении задач ГО включает также установление единых сигналов, единой системы кодирования карт, порядка взаимного обмена информацией, создания специальной системы связи взаимодействия (при необходимости), а также контроля выполнения установленного порядка взаимодействия.

Взаимодействие при выполнении задач ГО можно разделить на два направления:

взаимодействие сил гражданской обороны;

взаимодействие органов управления ГО с органами военного командования ВС РФ.

Для выполнения задач гражданской обороны федеральными нормативными правовыми актами определены силы гражданской обороны. Если спасательные воин-

[38] Кубиков Н.Н., Молчанов А.В. Каф. 11«Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

ские формирования и федеральная противопожарная служба ГПС входят в систему МЧС России, то есть, имеют одного начальника, то другие силы ГО разного подчинения, в том числе федеральным органам государственной власти, органам исполнительной власти субъектов РФ, органам местного самоуправления.

Несмотря на то, что силы ГО могут применяться в мирное время, основное их предназначение – ликвидация ЧС в условиях военного времени.

Важным условием их эффективного применения является организация взаимодействия между ними.

Основной целью организации взаимодействия сил гражданской обороны является безусловное выполнение задач при совместных действиях с максимальными результатами.

Взаимодействие планируется и организуется заблаговременно при разработке и согласовании планов ГО и защиты населения (планов ГО), прежде всего в интересах тех органов управления и сил, которые на данном этапе выполняют главную задачу, опираясь на следующие *принципы*: плановость; территориальность; взаимодоговоренность; невмешательство в функции и действия Сторон не связанных с выполнением задач ГО.

Плановость предполагает разработку необходимых документов, в которых зафиксированы основные мероприятия, проводимые взаимодействующими сторонами для решения отдельных задач и достижения конкретной цели.

Территориальность предусматривает конкретные объекты или территории, где взаимодействующие стороны будут выполнять задачи гражданской обороны.

Взаимодоговоренность – это согласование мероприятий и действий взаимодействующих сторон для решения задач ГО.

Основой управления является решение, где одной из составляющих его структуры является взаимодействие. Поэтому, требования к взаимодействию, по сути, являются требованиями к управлению.

Такими требованиями являются: непрерывность; оперативность; гибкость; устойчивость; скрытность.

Непрерывность взаимодействия - свойство процесса управления не допускать перерыва (разрыва) информационной и технологической связи между привлекаемыми подразделениями, формированиями сторон при выполнении совместных задач.

Оперативность взаимодействия предполагает выполнения совместных задач силами ГО в требуемые сроки.

Устойчивость взаимодействия - способность сил ГО сохранять и выполнять согласованные действия и восстанавливать их в условиях внешних и внутренних воздействий.

Гибкость взаимодействия – способность взаимодействующих сил ГО своевременно реагировать на ожидаемые и внезапные изменения обстановки, вносить коррективы в действия сил ГО при безусловном выполнении поставленных задач.

Скрытность взаимодействия заключается в способности взаимодействующих сил, при определенных условиях обстановки, противостоять раскрытию планируемых и выполняемых действий в системе ГО.

Взаимодействие организуют руководители гражданской обороны федеральных органов исполнительной власти, субъектов РФ, муниципальных образований и организаций в соответствии со своими полномочиями в интересах тех органов управления и сил, которые выполняют главную, определяющую задачу.

Непосредственную работу по организации взаимодействия проводят соответствующие органы управления, осуществляющие управление ГО, определенные федеральным законом о гражданской обороне.

Основой для организации взаимодействия является решение руководителя на организацию и ведение ГО, где указываются порядок и конкретные вопросы взаимодействия.

На основании принятого решения разрабатывается план гражданской обороны и защиты населения (план ГО), где определяются вопросы взаимодействия.

Порядок организации взаимодействия предусматривает:

определение перечня задач взаимодействующих органов;

определение сроков совместных действий и их последовательности;

определение районов (направлений) совместных действий и сосредоточения основных усилий;

определение состава сил и средств и их задачи;

разработку планов взаимодействия;

практическую отработку вопросов взаимодействия;

районы встречи и маршруты движения;

порядок организации и обеспечения охраны сил и средств сторон, задействованных на выполнение мероприятий ГО;

состав и порядок представления необходимой информации органам управления;

обеспечение связи, взаимного оповещения и обмена информацией и др.

Взаимодействие с органами военного командования занимает особое место. Это обусловлено тем, что мероприятия ГО будут осуществляться в условиях военного времени (военного положения) на территориях военных округов, где могут осуществляться боевые действия, а командующие военными округами будут решать в первую очередь задачу выявления непосредственной подготовки и отражение агрессии против Российской Федерации в границах ответственности. Следовательно, сроки, территория (объекты) и порядок ликвидации ЧС силами ГО должно быть тесно увязано с планами командующего военным округом.

Кроме того, управление военного округа решает задачи оказания помощи, органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органам местного самоуправления, органам управления других войск, воинских формирований в организации применения сил и средств, выделяемых военным округом для ликвидации чрезвычайных ситуаций. Помимо этого, управление военного округа решает задачи в организации восстановления нормального функционирования объектов повышенной опасности ВС РФ на территории военного округа, пострадавших в результате возникновения чрезвычайных ситуаций.

Взаимодействие с органами военного командования по вопросам ГО осуществляется на следующих уровнях:

а) МЧС России – Министерство обороны РФ.

Непосредственная работа МЧС России по организации взаимодействия осуществляется с Главным командованием Сухопутных войск, которое является основным органом военного управления, специально уполномоченным на решение задач в области гражданской обороны в ВС РФ. Главное командование Сухопутных войск осуществляет планирование мероприятий ГО, организует их проведение, руководит деятельностью органов военного управления гражданской обороны Вооруженных Сил РФ.

б) Территориальный орган МЧС России, региональный центр – военный округ.

Непосредственная работа по организации взаимодействия осуществляется с управлением военного округа.

в) Руководитель ГО (Глава администрации) субъекта РФ (ГУ МЧС России) – начальник территориального гарнизона.

Непосредственная работа по организации взаимодействия осуществляется ГУ МЧС России по субъекту РФ с комендантом территориального гарнизона.

г) Руководитель ГО (Глава администрации) муниципального образования (ОУ ГОЧС) – начальник местного гарнизона.

Непосредственная работа по организации взаимодействия осуществляется органом управления муниципального образования, уполномоченным на решение задач ГОЧС с комендантом местного гарнизона.

Вопросы взаимодействия включены отдельным подразделом «Организация взаимодействия с органами военного управления» в планы гражданской обороны и защиты населения.

В данном подразделе указываются следующие сведения:

а) при планомерном приведении в готовность гражданской обороны – организация взаимодействия по вопросам:

оповещения о введении соответствующих степеней готовности;

оповещения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;

возможности использования инфраструктуры и имущества военных городков для размещения и первоочередного жизнеобеспечения эвакуируемого на территорию муниципального образования населения, материальных и культурных ценностей;

организации ведения всех видов разведки и обмена информацией в области гражданской обороны;

создания группировки сил гражданской обороны в безопасных районах;

использования маршрутов эвакуации населения, передвижения сил гражданской обороны;

согласования районов размещения эвакуируемого населения;

организации дорожно-комендантской службы.

б) после нанесения ударов противника современными средствами поражения по территории муниципального образования – организация взаимодействия по вопросам:

сбора информации о времени, месте и масштабах применения противником современных средств поражения;

сложившейся радиационной, химической, биологической, инженерной, пожарной и медицинской обстановки;

приведения в готовность системы управления и сил гражданской обороны, а также организации АСДНР.

Соответственно вопросы взаимодействия разрабатываются в рамках решений руководителей ГО на организацию и ведение гражданской обороны.

План гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации согласуется с Министерством обороны Российской Федерации.

Планы гражданской обороны и защиты населения субъектов Российской Федерации согласуются с командующими войсками военного округа и начальниками территориальных гарнизонов соответственно.

Планы гражданской обороны и защиты населения муниципальных образований согласуются с начальниками местных гарнизонов. При этом в случае отсутствия на территории муниципального образования местного гарнизона, план согласовывается с начальником территориального гарнизона.

Основными мероприятиями по организации взаимодействия с органами военного командования являются:

определение органов военного командования и гражданской обороны, между которыми необходимо организовать взаимодействие;

определение задач (вопросов), по которым организуется взаимодействие между каждой из взаимодействующих сторон;

определение (уточнение) сроков начала и окончания совместных действий и их последовательности;

планирование и выделение сил и средств для совместных действий и оказания помощи;

разработка соответствующих документов по взаимодействию;

доведение задач по взаимодействию до подчиненных органов и выделенных сил;

практическая отработка вопросов взаимодействия на совместных учениях, тренировках и рекогносцировках.

Так, например, региональные центры МЧС России (ГУ МЧС России) в границах федерального округа (субъекта РФ) организуя взаимодействие с управлением военного округа (комендантом территориального гарнизона), с учетом приведенных мероприятий, должны установить:

порядок оповещения органов управления ГОЧС о введении установленных степеней боевой готовности (мероприятий 1,2,3 очереди), сигналы оповещения, способы их доведения;

порядок и время оповещения органов военного командования о начале эвакуационных и других мероприятий ГО;

порядок взаимной информации об обстановке в районе производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий;

организацию защиты населения и мобилизационных ресурсов;

участие сил ГО в подготовке территорий округа на случай войны;

инженерное прикрытие маршрутов и порядок восстановления на них разрушенных участков, регулирование движения на маршрутах выхода сил ГО;

порядок и сроки отселения населения из районов возможных боевых действий;

использование войск ПВО в целях оповещения ГО о воздушном нападении противника, засечке ядерных взрывов;

порядок ведения разведки силами военного командования и органами ГО, способы и сроки взаимной информации о сложившейся обстановке;

выделение сил и средств для совместного проведения спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и в районах чрезвычайных ситуаций;

обеспечение устойчивости управления войсками и органами ГО во все периоды действий при переводе ГО с мирного на военное положение и в ходе ведения войны.

4.7. Государственный надзор в области гражданской обороны[39]

В целях защиты населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера должностными лицами МЧС России, в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, осуществляется деятельность по проверке выполнения федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, организациями, а также должностными лицами и гражданами установленных требований в области гражданской обороны, а также полноты выполнения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций и готовности должностных лиц, сил и средств к действиям в случае их возникновения и принятию мер по результатам проверки.

Общее руководство деятельностью по осуществлению государственного надзора в области гражданской обороны осуществляет Главный государственный инспектор Российской Федерации по пожарному надзору.

Государственный надзор в области гражданской обороны осуществляют структурное подразделение центрального аппарата и подразделения территориальных органов МЧС России, специально уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны, в сферу ведения, которых входят вопросы организации и осуществления государственного надзора в области гражданской обороны (далее - органы государственного надзора в области гражданской обороны).

Должностными лицами органов государственного надзора в области гражданской обороны, уполномоченными осуществлять такой надзор от имени этих органов, являются:

начальник (руководитель) структурного подразделения центрального аппарата МЧС России, его заместители, должностные лица этого структурного подразделения, в сферу ведения, которых входят вопросы организации и осуществления государственного надзора в области гражданской обороны (департамент надзорной деятельности МЧС России);

начальники (руководители) структурных подразделений региональных центров МЧС России, их заместители, должностные лица этих структурных подразделений, в сферу ведения, которых входят вопросы организации и осуществления государственного надзора в области гражданской обороны;

начальники (руководители) структурных подразделений главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации, их заместители, должностные лица этих структурных подразделений, в сферу ведения, которых входят вопросы организации и осуществления государственного надзора в области ГО.

Осуществление государственного надзора в области гражданской обороны включает следующие административные процедуры:

учет объектов надзора;

планирование проверок;

проведение проверок;

оформление результатов проверок.

[39] Фатыхов Р.Р. Каф. 24 «Пожарной безопасности»

Первая процедура - учет объектов надзора осуществляется путем ведения журнала учета объектов надзора и контрольно-наблюдательных дел по объектам надзора.

При этом под объектом надзора понимаются объекты защиты, для которых законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации установлены обязательные требования в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, и которые отнесены к компетенции надзорных органов МЧС России.

Журнал учета объектов подлежит ежегодной корректировке с учетом полученных по результатам письменных запросов органов государственного надзора официальных документов из соответствующих органов государственной власти и органов местного самоуправления, а также копии решения уполномоченного органа государственной власти (органа местного самоуправления) о вводе в эксплуатацию построенного, реконструируемого, отремонтированного объекта капитального строительства.

Контрольно-наблюдательные дела по объектам надзора (далее - КНД) формируются на каждый объект надзора и содержат идентификационные номера налогоплательщиков, копии распоряжений о проведении проверки, акты проверок со всеми приложениями, предписания по устранению нарушений, оригиналы или копии других документов по вопросам гражданской обороны за последние 5 лет.

Основанием для формирования КНД является поступление информации о новом объекте надзора.

Вторая процедура – планирование проверок в деятельности органов государственного надзора в области гражданской обороны осуществляется на основании ежегодного плана (далее - План) проведения плановых проверок объектов надзора на текущий календарный год.

Основанием для включения плановой проверки в План является:

истечение 5 лет со дня окончания проведения последней плановой проверки федеральных органов исполнительной власти, территориальных органов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления;

истечение 3 лет со дня:

государственной регистрации юридических лиц (индивидуальных предпринимателей);

окончания проведения последней плановой проверки юридического лица (индивидуального предпринимателя).

Утвержденные руководителями надзорных органов Планы доводятся до сведения заинтересованных лиц посредством их размещения на официальных сайтах МЧС России и его территориальных органов в сети Интернет либо иным доступным способом.

Планирование проверок осуществляется в порядке и сроки, установленные законодательством Российской Федерации на основе анализа результатов надзорной деятельности, с учетом решений вышестоящих надзорных органов, а также сроков исполнения ранее выданных предписаний об устранении выявленных нарушений.

Результаты надзорной деятельности должны ежеквартально анализироваться в надзорных органах для последующего их использования в государственном регулировании в области гражданской обороны и совершенствования исполнения государственной функции.

Анализ результатов государственного надзора в области гражданской обороны является обязательной частью надзорной деятельности и должен охватывать все ее направления.

Третья процедура – проведение проверок должностными лицами надзорных органов осуществляется в виде плановых и внеплановых проверок в форме документарных и (или) выездных проверок

Проверки проводятся на основании распоряжения руководителя (заместителя руководителя) надзорного органа.

Изданное распоряжение о проведении проверки, заверенное печатью надзорного органа, регистрируется в течение 3 рабочих дней с даты его подписания в журнале учета проверок.

Номер распоряжения о проведении проверки должен соответствовать порядковому номеру записи в журнале учета проверок.

В случае последовательного проведения в отношении объекта надзора документарной, а затем и выездной проверок распоряжение о проведении проверки издается на каждый вид проверки.

Проверка может проводиться только должностным лицом или должностными лицами, которые указаны в распоряжении.

Общий срок проведения как плановой, так и внеплановой проверки (с даты начала проверки и до даты составления акта по результатам проверки) не может превышать 20 рабочих дней.

В отношении одного объекта малого предпринимательства общий срок проведения плановой выездной проверки не может превышать 50 часов для малого предприятия и 15 часов для микропредприятия в год.

В исключительных случаях, связанных с необходимостью проведения сложных и (или) длительных исследований, испытаний, специальных экспертиз и расследований, на основании мотивированных предложений должностных лиц надзорных органов, проводящих плановую выездную проверку, срок проведения плановой выездной проверки может быть продлен руководителем надзорного органа, но не более чем на 20 рабочих дней, в отношении малых предприятий и микропредприятий не более чем на 15 часов.

Срок проведения документарной и выездной проверок в отношении юридического лица, осуществляющего свою деятельность на территориях нескольких субъектов Российской Федерации, устанавливается отдельно по каждому филиалу, представительству юридического лица, при этом общий срок проведения проверки не может превышать 60 рабочих дней.

Предметом плановой проверки является выполнение объектом надзора требований и мероприятий в области гражданской обороны.

Юридическим фактом для проведения плановой проверки является наступление периода времени, в течение которого соответствующим органом надзора запланирована в календарном году проверка объекта надзора.

О проведении плановой проверки объект надзора уведомляется не позднее чем за 3 рабочих дня до начала ее проведения посредством направления копии распоряжения о проведении проверки руководителя надзорного органа или его заместителя заказным почтовым отправлением с уведомлением о вручении или иным доступным способом.

Предметом внеплановой проверки является выполнение объектом надзора тех требований и мероприятий в области гражданской обороны, информация о нарушении которых явилась поводом для издания распоряжения о проведении внеплановой проверки либо срок устранения, которых, согласно ранее выданному предписанию, истек.

О проведении внеплановой выездной проверки объект надзора уведомляется не менее чем за 24 часа до начала ее проведения любым доступным способом, в том числе в форме электронного документа, подписанного электронной цифровой подписью, с приложением копий распоряжения о проведении внеплановой выездной проверки и документов, которые содержат сведения, послужившие основанием для ее проведения.

Внеплановые проверки проводятся по следующим основаниям:

истечение срока исполнения объектом надзора ранее выданного предписания об устранении выявленного нарушения установленных требований и мероприятий в области гражданской обороны;

поступление в надзорный орган обращения и заявления граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, юридических лиц, информации от органов государственной власти, органов местного самоуправления, из средств массовой информации о следующих фактах:

возникновение угрозы причинения вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации, безопасности государства, а также угрозы чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации, безопасности государства, а также возникновение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

распоряжение руководителя надзорного органа, изданного в соответствии с поручениями Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации и на основании требования прокурора о проведении внеплановой проверки в рамках надзора за исполнением законов по поступившим в органы прокуратуры материалам и обращениям.

Если в результате деятельности объекта надзора причинен или причиняется вред жизни, здоровью граждан, вред животным, растениям, окружающей среде, безопасности государства, а также возникли или могут возникнуть чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера, предварительное уведомление о начале проведения внеплановой выездной проверки не требуется.

Предметом документарной проверки являются сведения, содержащиеся в документах объекта надзора, устанавливающие их организационно-правовую форму, права и обязанности, документы, используемые при осуществлении их деятельности и связанные с исполнением ими обязательных требований и мероприятий в области гражданской обороны, исполнением предписаний надзорных органов.

Организация документарной проверки (как плановой, так и внеплановой) осуществляется по месту нахождения надзорного органа.

В случае, если достоверность сведений, содержащихся в документах, имеющихся в распоряжении надзорного органа, вызывает обоснованные сомнения, либо эти сведения не позволяют оценить исполнение объектом надзора обязательных требований и мероприятий в области гражданской обороны, надзорный орган направляет в адрес объекта надзора мотивированный запрос с требованием представить иные не-

обходимые для рассмотрения в ходе проведения документарной проверки документы. К запросу прилагается заверенная печатью копия распоряжения руководителя органа надзора или его заместителя о проведении проверки.

В течение 10 рабочих дней со дня получения мотивированного запроса юридическое лицо, индивидуальный предприниматель обязаны направить в надзорный орган указанные в запросе документы.

Указанные в запросе документы представляются в виде копий, заверенных печатью (при ее наличии) и соответственно подписью руководителя или уполномоченного представителя объекта надзора.

В случае, если в ходе документарной проверки выявлены ошибки и (или) противоречия в представленных руководителем или иным уполномоченным представителем объекта надзора документах, либо несоответствия сведений, содержащихся в этих документах, сведениям, содержащимся в имеющихся у надзорного органа и (или) полученным в ходе мероприятия по надзору, информация об этом направляется руководителю объекта надзора с требованием представить в течение 10 рабочих дней необходимые пояснения в письменной форме.

Руководитель или уполномоченный представитель объекта надзора, представляющие в надзорный орган пояснения относительно выявленных ошибок и (или) противоречий в представленных документах либо относительно несоответствия сведений, вправе представить дополнительно в надзорный орган документы, подтверждающие достоверность ранее представленных документов.

Должностное лицо, которое проводит документарную проверку, обязано рассмотреть представленные документы. В случае, если после рассмотрения представленных пояснений и документов либо при отсутствии пояснений надзорный орган установит признаки нарушения обязательных требований и мероприятий в области гражданской обороны, должностные лица надзорного органа вправе провести выездную проверку.

Предметом выездной проверки является проверка соответствия и состояния используемых объектом надзора объектов и имущества гражданской обороны, технических систем управления гражданской обороной, защитных сооружений, систем оповещения, средств индивидуальной защиты и специальной техники и принимаемые объектом надзора меры по исполнению обязательных требований и мероприятий в области гражданской обороны.

Выездная проверка (как плановая, так и внеплановая) проводится по месту нахождения и (или) по месту осуществления деятельности объекта надзора.

Выездная проверка проводится в случае, если при проведении документарной проверки не представляется возможным:

удостовериться в полноте и достоверности сведений, содержащихся в распоряжении надзорного органа, документах объекта надзора;

удостовериться в выполнении объектом надзора требований и мероприятий в области гражданской обороны.

Выездная проверка начинается с предъявления служебного удостоверения, копии распоряжения о проведении выездной проверки и обязательного ознакомления руководителя или иного должностного лица объекта надзора, его уполномоченного представителя с полномочиями проводящих выездную проверку лиц, а также с целями, задачами, основаниями проведения выездной проверки, видами и объемом меро-

приятий по контролю, составом экспертов, представителями экспертных организаций, привлекаемых к выездной проверке, со сроками и с условиями ее проведения.

Руководитель, иное должностное лицо или уполномоченный представитель объекта надзора обязаны предоставить должностным лицам надзорных органов, проводящим выездную проверку, возможность ознакомиться с документами, связанными с целями, задачами и предметом выездной проверки, в случае, если выездной проверке не предшествовало проведение документарной проверки, а также обеспечить доступ проводящих выездную проверку должностных лиц и участвующих в выездной проверке экспертов, представителей экспертных организаций на территорию, в используемые объектом надзора при осуществлении деятельности здания, строения, сооружения, помещения, в том числе: объекты и имущество гражданской обороны, технические системы управления гражданской обороной, защитные сооружения, системы оповещения, средства индивидуальной защиты и специальная техника.

Четвертая процедура - оформление результатов проверки, непосредственно после ее завершения, осуществляется должностными лицами надзорного органа путем составления акта проверки в двух экземплярах.

В акте проверки указываются:

дата, время и место составления акта проверки;

наименование надзорного органа, проводившего проверку;

дата и номер распоряжения о проведении проверки;

фамилия, имя, отчество и должность должностного лица (должностных лиц) надзорных органов, проводившего (проводивших) проверку;

наименование проверяемого объекта надзора, а также фамилия, имя, отчество и должность руководителя, иного должностного лица или его уполномоченного представителя, присутствовавших при проведении проверки;

наименование и адрес места нахождения проверенного объекта надзора;

дата, время, продолжительность и место проведения проверки;

сведения о результатах проверки, в том числе о выявленных нарушениях установленных требований и мероприятий в области гражданской обороны, об их характере и о лицах, допустивших указанные нарушения;

сведения об ознакомлении или отказе в ознакомлении с актом проверки руководителя или должностного лица объекта надзора, присутствовавших при проведении проверки, о наличии их подписей или об отказе от совершения подписи, а также сведения о внесении в журнал учета проверок записи о проведенной проверке либо о невозможности внесения такой записи в связи с отсутствием у юридического лица, индивидуального предпринимателя указанного журнала;

подпись (подписи) должностного лица (должностных лиц) надзорных органов, проводившего (проводивших) проверку.

К акту проверки прилагаются протоколы или заключения проведенных исследований, испытаний и экспертиз, пояснения должностных лиц объекта надзора по выявленным нарушениям в области гражданской обороны и иные связанные с результатами проверки документы или их копии.

В случае, если для составления акта проверки необходимо получить заключения по результатам проведенных исследований, испытаний, специальных расследований, экспертиз, акт проверки составляется в срок, не превышающий 3 рабочих дней после завершения мероприятий по надзору.

Один экземпляр акта проверки с копиями приложений вручается руководителю или уполномоченному представителю объекта надзора под расписку об ознакомлении.

В случае отсутствия руководителя или уполномоченного представителя объекта надзора, а также в случае их отказа дать расписку об ознакомлении либо об отказе в ознакомлении с актом проверки, в акте проверки делается соответствующая запись, подтверждаемая подписями должностного (должностных) лица надзорного органа, проводившего (проводивших) проверку, и данный акт с копиями приложений направляется заказным почтовым отправлением с уведомлением о вручении.

Второй экземпляр акта проверки хранится в контрольно-наблюдательном деле.

В случае, если для проведения внеплановой выездной проверки требуется согласование ее проведения с органом прокуратуры, копия акта проверки направляется в орган прокуратуры, которым принято решение о согласовании проведения проверки, в течение 5 рабочих дней со дня составления акта проверки.

В случае выявления по результатам проверки невыполнения мероприятий, нарушений требований в области гражданской обороны, должностное лицо надзорного органа, в пределах полномочий, предусмотренных законодательством Российской Федерации, обязано:

выдать объекту надзора предписание по устранению нарушений с указанием сроков их устранения;

принять меры по привлечению лиц, допустивших невыполнение требований и мероприятий в области гражданской обороны, к административной ответственности.

Сроки устранения выявленных нарушений в области гражданской обороны устанавливаются должностным лицом надзорного органа с учетом характера нарушений, организационных, технических, материальных факторов, влияющих на их устранение.

Выданные предписания учитываются в журнале учета проверок. Копия предписания хранится в контрольно-наблюдательном деле.

Дела об административных правонарушениях в области гражданской обороны регистрируются в журнале учета дел об административных правонарушениях.

По окончании проверки должностное лицо надзорного органа в журнале учета проверок объекта надзора производит запись о проведенной проверке.

При отсутствии журнала учета проверок в акте проверки делается соответствующая запись.

Должностное лицо надзорного органа по окончании проверки в течение 3 рабочих дней регистрирует проведенную проверку в журнале учета проверок и докладывает вышестоящему руководителю результаты проверки.

Глава 5. Полномочия федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны

5.1. Правовые основы гражданской обороны Российской Федерации[40]

На разных этапах своего развития гражданская оборона регулировалась соответствующей этим этапам нормативно-правовой базой. В период нахождения в ведении МЧС России сложилось современное правовое регулирование гражданской обороны, ее качественное преобразование и совершенствование.

Организация и ведение гражданской обороны являются одной из важнейших функций государства, составными частями оборонного строительства и обеспечения безопасности государства.

К сожалению, все чаще дают о себе знать крупномасштабные чрезвычайные ситуации как природного, так и техногенного характера – авария на Саяно-Шушенской ГЭС, шахте Распадской, лесные и торфяные пожары на Европейской части России, ситуация с АЭС в Японии, события в Краснодарском крае. Появляются новые виды эпидемий и болезней.

Не становится более благоприятной военно-политическая обстановка, о чем свидетельствуют недавние события в Ливии, Ираке, Южной Осетии, Турции, Сирии.

Таким образом, в современных условиях мероприятия гражданской обороны и защиты населения от различных угроз и вызовов становятся все более востребованными для нашего государства и общества.

Одно из главных условий успешного функционирования систем – наличие качественной и полной нормативно-правовой базы. «Любая деятельность по защите населения и территорий, как показывает опыт, если она не регламентирована законами государства, обречена на низкую эффективность, либо даже на угасание. Более того, признавая полезность такой деятельности и ее необходимость, органы государственной власти и управления, общественные организации, отдельные граждане не станут, как правило, относиться к ней по-настоящему ответственно и заинтересованно, если отсутствуют соответствующие законы и другие нормативные правовые акты»[41].

Правовыми основами в любой сфере общественных отношений выступают соответствующие нормативные правовые акты, их самостоятельные части (главы, параграфы, статьи, пункты и т.д.) и отдельные нормы. Нормативные правовые акты подразделяются на две большие группы: законы и подзаконные акты.

Все действующие законы группируются следующим образом:

основные законы (Конституция Российской Федерации, Конституции республик в составе Российской Федерации, Уставы иных субъектов Российской Федерации);

федеральные конституционные законы (их наличие предусмотрено непосредственно Конституцией Российской Федерации);

федеральные законы;

[40] Василишин И.И. Каф. 43 «Правового обеспечения деятельности РСЧС»

[41] Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты - Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. - М.: МГФ “Знание“, 1999. - С.112-113.

законы, принятые законодательными органами субъектов Российской Федерации.

Видами подзаконных нормативных правовых актов являются:

Указы Президента Российской Федерации;

постановления правительства Российской Федерации и постановления правительств субъектов Российской Федерации;

приказы и другие виды актов, издаваемых в министерствах и ведомствах (директивы, инструкции, наставления и т.п.);

локальные акты (издаются различными организациями для регламентации своих внутренних вопросов и распространяются на членов этой организации).

Рассмотрим наиболее важные нормативные правовые акты, регулирующие правоотношения в сфере гражданской обороны.

Согласно пункту 1 статьи 15 Конституции РФ, основной закон страны имеет высшую юридическую силу, прямое действие, и применяется на всей территории Российской Федерации, т.е. «ставит заслон» на пути принятия в России законов и иных правовых актов, которые ей противоречат. Согласно пункту «м» статьи 71 в ведении Российской Федерации находится оборона и безопасность. В соответствии с Федеральным законом от 31.05.1996 №61-ФЗ «Об обороне» гражданская оборона является ее составной частью (статья 21). Таким образом, гражданская оборона находится в федеральном ведении, что означает возможность нормотворчества исключительно федеральными органами государственной власти. В соответствии с положениями Конституции статья 3 Федерального закона от 12.02.1998г. №28-ФЗ «О гражданской обороне»: правовое регулирование в области гражданской обороны осуществляется в соответствии с настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Среди федеральных конституционных законов, имеющих отношение к гражданской обороне, следует выделить, прежде всего, Федеральный конституционный закон от 30.01.2002г. №1-ФКЗ «О военном положении», регламентирующий комплекс экономических, политических, административных, военных и иных мер, направленных на создание условий для отражения или предотвращения агрессии против Российской Федерации. Не менее актуален и Федеральный конституционный закон от 30.05.2001 № 3-ФКЗ «О чрезвычайном положении», который определяет особый правовой режим деятельности органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций независимо от организационно-правовых форм и форм собственности, их должностных лиц, общественных объединений, допускает отдельные ограничения прав и свобод граждан Российской Федерации, иностранных граждан, лиц без гражданства, прав организаций и общественных объединений, а также возложение на них дополнительных обязанностей.

Ключевое значение в рассматриваемой сфере занимает уже упомянутый Федеральный закон от 12.02.1998г. №28-ФЗ «О гражданской обороне» (далее – закон о гражданской обороне), в котором определены задачи, правовые основы их осуществления и полномочия органов государственной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны.

Важно обратить внимание на редакцию определения гражданской обороны, закрепленную Федеральным законом от 22.08.2004 №122-ФЗ в ст.1 закона о гражданской обороне – это система мероприятий по подготовке к защите и по защите населе-

ния, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В результате данного изменения гражданская оборона стала ориентироваться не только на военные действия (как это было ранее), но и на чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера в условиях мирного времени.

Дальнейшие изменения в законе заключались в следующем. Федеральный закон от 19 июня 2007г. №103-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О гражданской обороне» и ст.21 Федерального закона «Об обороне» был направлен на совершенствование деятельности в области гражданской обороны и защиты населения с учетом разграничения полномочий органов государственной власти и органов местного самоуправления. В целях расширения понятийного аппарата в сфере гражданской обороны определены понятия «мероприятия в области гражданской обороны» и «требования в области гражданской обороны». Уточнены некоторые задачи в области гражданской обороны, такие как обучение населения в области гражданской обороны, оповещение населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, санитарная обработка населения, обеззараживание зданий и сооружений, специальная обработка техники и территорий, а также принципы организации и ведения гражданской обороны. В соответствии с изменившимися задачами скорректированы полномочия органов государственной власти, местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны. Предусмотрено, что персональную ответственность за организацию и проведение мероприятий по гражданской обороне и защите населения несут не только руководители федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, организаций, но и руководители органов местного самоуправления. Установлено, что обеспечение мероприятий по гражданской обороне, проводимых организациями, осуществляется за счет средств этих организаций.

Федеральным законом от 25 ноября 2009г. №267-ФЗ «О внесении изменений в Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан и отдельные законодательные акты Российской Федерации» понятие «скорая медицинская помощь» разделено на скорую медицинскую помощь, которая будет оказываться медицинскими работниками, и первую помощь, которая будет оказываться, в том числе сотрудниками пожарной охраны и спасателями аварийно-спасательных формирований и аварийно-спасательных служб. Кроме того, указанным Федеральным законом внесены изменения в федеральные законы «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», «О пожарной безопасности», «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» и «О гражданской обороне» в части замены понятия «первая медицинская помощь» на понятие «первая помощь».

Цель изменений, внесенных Федеральным законом от 27 июля 2010г. №223-ФЗ, была заключена в повышении эффективности мероприятий по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Закон предусматривает создание сил и средств, способных эффективно и в полном объеме выполнять возложенные на них задачи мирного и военного време-

ни, путем реорганизации войск гражданской обороны в спасательные воинские формирования МЧС России.

Изменения, внесенные Федеральным законом от 02.07.2013 №158-ФЗ, коснулись, в первую очередь, разграничения полномочий органов власти различных уровней в части создания и поддержания в состоянии постоянной готовности технических систем управления гражданской обороны и систем оповещения населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Наконец, Федеральным законом от 28.12.2013 № 404-ФЗ введено в оборот понятие «нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне», внесены изменения в полномочия органов власти в части создания и поддержания в состоянии готовности сил и средств гражданской обороны, уточнены виды и полномочия организаций, принимающих участие в реализации мероприятий гражданской обороны, уточнен состав сил гражданской обороны.

Постановлением Правительства РФ от 26.11.2007г. №804 «Об утверждении Положения о гражданской обороне в Российской Федерации» закреплен порядок подготовки к ведению и ведения гражданской обороны в Российской Федерации, а также основные мероприятия по гражданской обороне. В частности, определен порядок планирования гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации, порядок сбора информации и обмена ею. Конкретизированы основные мероприятия по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задач, возложенных на гражданскую оборону.

Постановление Правительства РФ от 03.10.1998г. №1149 «О Порядке отнесения территорий к группам по гражданской обороне» определяет основные критерии и правила отнесения территорий к группам по гражданской обороне с целью заблаговременной разработки и реализации мероприятий по гражданской обороне в объеме, необходимом и достаточном для предотвращения чрезвычайных ситуаций и защиты населения от поражающих факторов и последствий чрезвычайных ситуаций в военное и мирное время, с учетом мероприятий по защите населения и территорий в связи с чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Отнесение территорий городов или иных населенных пунктов к группам по гражданской обороне осуществляется в зависимости от их оборонного и экономического значения, численности населения, а также нахождения на территориях организаций, отнесенных к категориям по гражданской обороне особой важности, первой и второй или представляющих опасность для населения и территорий в связи с возможностью химического заражения, радиационного загрязнения или катастрофического затопления. Для территорий городов и иных населенных пунктов установлены особая, первая, вторая и третья группы по гражданской обороне.

Постановление Правительства РФ от 29.11.1999г. №1309 «О Порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» определяет правила создания в мирное время, период мобилизации и военное время на территории Российской Федерации убежищ и иных объектов гражданской обороны: убежищ, противорадиационных укрытий, специализированных складских помещений для хранения имущества гражданской обороны, санитарно - обмывочных пунктов, станций обеззараживания одежды и транспорта, а также иных объектов, предназначенных для обеспечения проведения мероприятий по гражданской обороне.

Статья 15 Закона о гражданской обороне закрепляет состав сил гражданской обороны, к которым отнесены: спасательные воинские формирования МЧС России; подразделения Государственной противопожарной службы; аварийно-спасательные формирования и спасательные службы; нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне; создаваемые на военное время в целях решения задач в области гражданской обороны специальные формирования.

Вооруженные Силы Российской Федерации, другие войска и воинские формирования, выполняющие задачи в области гражданской обороны в соответствии с законодательством Российской Федерации и в порядке, определенном Президентом Российской Федерации.

Применение спасательных воинских формирований в мирное время осуществляется Министром Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, в военное время - на основании распоряжения Президента Российской Федерации в соответствии с Указом Президента РФ от 30.09.2011г. №1265 «О спасательных воинских формированиях Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Подразделения Федеральной противопожарной службы действуют на основании Положения о ней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 20.06.2005г. №385.

Общие организационно-правовые и экономические основы создания и деятельности аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований определены Федеральным законом от 22.08.1995г. №151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей».

Привлечение войск для ликвидации чрезвычайных обстоятельств регламентирует глава 10 Устава гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации, утвержденного Указом Президента РФ от 10.11.2007г. №1495.

Постановлением Правительства РФ от 02.11.2000г. №841 «Об утверждении Положения об организации обучения населения в области гражданской обороны» определены основные задачи обучения населения в области гражданской обороны, функции федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, а также формы обучения. Так, лица, подлежащие обучению, подразделяются на следующие группы:

руководители федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, главы муниципальных образований, главы местных администраций и руководители организаций;

должностные лица гражданской обороны, руководители и работники органов, осуществляющих управление гражданской обороной, преподаватели курса «Основы безопасности жизнедеятельности» и дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» учреждений общего и профессионального образования;

личный состав формирований и служб;

работающее население;

обучающиеся образовательных учреждений, за исключением дошкольных образовательных учреждений и образовательных учреждений дополнительного образования детей;

неработающее население.

Постановление Правительства РФ от 27.04.2000г. №379 «О накоплении, хранении и использовании в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств» определяет порядок накопления, хранения и использования в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств. Указанные запасы предназначены для первоочередного обеспечения населения в военное время, оснащения спасательных воинских формирований МЧС России, аварийно-спасательных формирований и спасательных служб при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ в случае возникновения опасности при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

При этом определено:

запасы материально-технических средств включают в себя специальную и автотранспортную технику, средства малой механизации, приборы, оборудование и другие средства, предусмотренные табелями оснащения спасательных воинских формирований МЧС России, аварийно-спасательных формирований и спасательных служб;

запасы продовольственных средств включают в себя крупы, муку, мясные, рыбные и растительные консервы, соль, сахар, чай и другие продукты;

запасы медицинских средств включают в себя лекарственные, дезинфицирующие и перевязочные средства, индивидуальные аптечки, а также медицинские инструменты, приборы, аппараты, передвижное оборудование и другие изделия медицинского назначения;

запасы иных средств включают в себя вещевое имущество, средства связи и оповещения, средства радиационной, химической и биологической защиты, средства радиационной, химической и биологической разведки и радиационного контроля, отдельные виды топлива, спички, табачные изделия, свечи и другие средства.

Постановление Правительства РФ от 10.07.1999г. №782 «О создании (назначении) в организациях структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны» определяет порядок создания (назначения) в организациях структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны.

Структурные подразделения (работники) по гражданской обороне создаются (назначаются) в организациях независимо от их организационно-правовой формы с целью управления гражданской обороной в этих организациях. Создание (назначение) в организациях структурных подразделений (работников) по гражданской обороне осуществляется для обеспечения:

планирования и проведения мероприятий по гражданской обороне;

создания и поддержания в состоянии постоянной готовности к использованию локальных систем оповещения;

обучения работников организаций способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

создания и содержания в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств;

проведения мероприятий по поддержанию устойчивого функционирования организаций в военное время;

создания и поддержания в состоянии постоянной готовности нештатных аварийно-спасательных формирований, привлекаемых для решения задач в области гражданской обороны.

Количество работников в структурном подразделении по гражданской обороне или отдельных работников по гражданской обороне в составе других подразделений организации определяется исходя из следующих норм:

в организациях, отнесенных в установленном порядке к категориям по гражданской обороне, с количеством работников до 500 человек - 1 освобожденный работник, от 500 до 2000 человек - 2 - 3 освобожденных работника, от 2000 до 5000 человек - 3 - 4 освобожденных работника, свыше 5000 человек - 5 - 6 освобожденных работников;

в организациях, не отнесенных к категориям по гражданской обороне, с количеством работников свыше 200 человек - 1 освобожденный работник;

в организациях, не отнесенных к категориям по гражданской обороне, с количеством работников до 200 человек - работа по гражданской обороне может выполняться в установленном порядке по совместительству одним из работников организации.

Количество работников в структурном подразделении по гражданской обороне или отдельных работников по гражданской обороне в составе других подразделений исполнительного органа (органа управления) организации, имеющей дочерние и зависимые хозяйственные общества, определяется в соответствии с нормами, предусмотренными в положении об уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны структурных подразделениях (работниках) организаций.

В Постановлении Правительства РФ от 16.03.2000г. №227 «О возмещении расходов на подготовку и проведение мероприятий по гражданской обороне» установлено, что расходы на подготовку и проведение мероприятий по гражданской обороне, понесенные органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями независимо от формы собственности, возмещаются при включении этих мероприятий в состав государственного оборонного заказа за счет средств, предусмотренных на эти цели в федеральном бюджете. Расходы, понесенные органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями на подготовку и проведение мероприятий по гражданской обороне, осуществляемых по заказу федеральных органов исполнительной власти, возмещаются этими органами в соответствии с условиями заключенных договоров (контрактов) за счет предусмотренных им на эти цели средств федерального бюджета и внебюджетных средств. Расходы на подготовку и проведение мероприятий по гражданской обороне, возмещение которых не предусмотрено выше, финансируются: бюджетными учреждениями - в соответствии с утвержденными в установленном порядке сметами доходов и расходов этих учреждений; организациями (за исключением бюджетных учреждений) в размерах, согласованных с соответствующими органами, осуществляющими управление гражданской обороной, - путем отнесения указанных расходов на себестоимость продукции (работ, услуг).

Постановление Правительства РФ от 21.05.2007г. №305 «Об утверждении Положения о государственном надзоре в области гражданской обороны» осуществление государственного надзора в области гражданской обороны (в соответствии с Федеральным законом «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля») возложило на МЧС России и его территориальные органы.

Должностные лица органов, осуществляющих государственный надзор в области гражданской обороны, в пределах своей компетенции имеют право:

осуществлять проверку выполнения установленных требований в области гражданской обороны федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, организациями, а также должностными лицами и гражданами;

проводить обследования и проверки территорий, зданий, сооружений, помещений организаций и других объектов в целях государственного надзора в области гражданской обороны за выполнением установленных требований в этой области и пресечения их нарушений в порядке, установленном законодательством Российской Федерации;

запрашивать необходимые документы для проверки выполнения федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, организациями, а также должностными лицами и гражданами установленных требований в области гражданской обороны;

выдавать руководителям федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций, а также должностным лицам обязательные для исполнения предписания по устранению нарушений установленных требований в области гражданской обороны;

составлять протоколы об административных правонарушениях в порядке, определенном Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях;

отменять (изменять) незаконные и (или) необоснованные решения, принятые нижестоящими должностными лицами органов, осуществляющих государственный надзор в области гражданской обороны.

В правовом регулировании гражданской обороны значительная роль принадлежит приказам МЧС России. Приведем, в качестве примеров, некоторые из них.

Приказом МЧС РФ от 15.12.2002г. №583 утверждены и введены в действие Правила эксплуатации защитных сооружений гражданской обороны, которые должны выполняться при эксплуатации в режиме повседневной деятельности, в военное время, при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В Правилах определен порядок учета защитных сооружений, контроля за содержанием, техническим обслуживанием, ремонтом, требования к их эксплуатации.

Приказом МЧС РФ от 14.11.2008г. №687 утверждено Положение об организации и ведении гражданской обороны в муниципальных образованиях и организациях.

В последние годы проделана значительная работа по актуализации законодательных и нормативных правовых актов Российской Федерации, выработке новых подходов к защите населения и территорий от опасностей минного и военного времени.

Указом Президента Российской Федерации от 3 сентября 2011 г. №Пр-2613 утверждены «Основы единой государственной политики в области гражданской обороны на период до 2020 года», определившие основные направления развития и совершенствования гражданской обороны в Российской Федерации.

В 2011 – 2012 годах проведена переработка 5 раннее действующих директив Начальника ГО и вместо них изданы ряд постановлений Правительства Российской Федерации и ведомственные нормативные правовые акты.

Принято Постановление Правительства Российской Федерации от 03.06.2011 № 437-13, которым утверждено Положение о порядке приведения в готовность граж-

данской обороны в Российской Федерации, а также соответствующие перечни первоочередных мероприятий по гражданской обороне. Положением определено, что приведение в готовность гражданской обороны осуществляется в общем комплексе мероприятий по переводу государства на работу в условиях военного времени по степеням готовности, вводимым для органов государственной власти и органов местного самоуправления.

С 1 марта 2012 года введены в действие новые сигналы управления гражданской обороной и порядок оповещения по ним.

Издано распоряжение Правительства Российской Федерации от 16 марта 2011 г. № 434-рс «Об отнесении территорий к группам по гражданской обороне».

В соответствии с данным распоряжением общее количество территорий, отнесенных к группам по гражданской обороне, увеличилось на 10 и составило 369 территорий. При этом количество территорий, отнесенных к первой категории по гражданской обороне, увеличилось на 15 и составило 60 территорий, количество территорий, отнесенных ко второй группе по гражданской обороне увеличилось на 8 и составило 56 территорий, количество территорий, отнесенных к третьей группе по гражданской обороне уменьшилось на 13 и составило 251 территорию.

В целях совершенствования требований в области гражданской обороны в соответствии с решением комиссии по административной реформе при Правительстве Российской Федерации издан Приказ МЧС России от 11.09.2012 № 536ДСП «Об утверждении показателей для отнесения организаций к категориям по гражданской обороне в зависимости от роли в экономике государства или влияния на безопасность населения» (Зарегистрирован в Минюсте России от 21.11.2012 № 25873).

Издан Приказ МЧС России от 16.02.2012 № 70ДСП «О порядке разработки, согласования и утверждения планов гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны)…» (зарегистрирован в Минюсте России 27.03.2012 № 23622), которым определены требования к организациям, разрабатывающим планы ГО, а также утверждены требования к структуре и порядку разработки планов гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны) федеральных органов исполнительной власти, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и организаций.

Приказом МЧС России от 04.06.2013 № 362ДСП в приказ МЧС России от 16.02.2012 № 70ДСП внесены ряд изменений. В настоящее время требования по разработке планов гражданской обороны предъявляются только к организациям, продолжающим работу в военное время. При этом организации, продолжающие работу в военное время, но не отнесенные к категории по гражданской обороне, должны иметь упрощенный типовой план гражданской обороны, разработанный согласно приложению № 12 к Порядку разработки, согласования и утверждения планов гражданской обороны. Данное приложение по своей сути отражает только действия работников при возникновении опасностей по сигналам «Внимание всем!». Остальные организации (организации, прекращающие свою деятельность в военное время), собственные планы гражданской обороны теперь не разрабатывают. Мероприятия по защите работников указанных организаций должны учитываться в планах соответствующих муниципальных образований.

Изменение взглядов на ведение войн и вооружённых конфликтов, снижение вероятности массированного применения ядерного оружия, развитие систем вооружения, и в первую очередь высокоточного, повлекло за собой необходимость измене-

ния подходов к организации защиты населения. Рассматривая отдаленные риски военного характера необходимо отметить, что объектами воздействия перспективных видов оружия, будут являться пункты управления, информационные центры, личный состав, вооружение и военная техника, критически важные объекты и объекты жизнеобеспечения. При этом наиболее опасными для населения будут вторичные факторы поражения при разрушении потенциально опасных объектов (пожары, химическое, радиоактивное заражения (загрязнение), катастрофическое затопление и др.).

В соответствии с Приказом МЧС России от 02.07.2012 № 386 «О рабочей группе по выработке новых подходов по вопросам ведения гражданской обороны» в 2012 - 2013 годах при участии ведущих учёных МЧС России, представителей Российской академии наук, 19 федеральных органов исполнительной власти подготовлены предложения по актуализации задач в области гражданской обороны и способов защиты населения в современных социально-экономических условиях.

5.2. Полномочия федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в области гражданской обороны[42]

В законодательстве и правоприменительной практике каждое слово и даже знак препинания имеют важное значение, соответствующие последствия понимания, толкования, применения тех или иных понятий, поэтому кратко проанализируем смысловое содержание рассматриваемого учебного вопроса.

При характеристике понятия «полномочия» следует обратить внимание на следующие обстоятельства:

понятие «полномочия» в самостоятельном значении законодательством не используется, оно закрепляется в нормативных правовых актах во взаимосвязи с каким-либо государственными органами, должностными лицами и т.п.;

сущность понятия «полномочия» раскрывается в правовой науке по-разному, однако в самом простом виде их можно представить в виде совокупности предоставленных субъекту прав и возложенных на него обязанностей.

В своей совокупности государственные органы Российской Федерации образуют единую систему. Согласно Конституции РФ (ст. 11) в нее входят органы государственной власти Федерации и органы государственной власти ее субъектов. Кроме того, государственная власть в Российской Федерации осуществляется на основе разделения на законодательную, исполнительную и судебную (ст.10 Конституции РФ).

Содержание главы II Федерального закона от 12.02.1998 г. №28-ФЗ «О гражданской обороне»[43] позволяет определить структуру органов государственной власти Российской Федерации, наделенных полномочиями в области гражданской обороны, а также перечень соответствующих полномочий. Что же касается полномочий органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, то они закреплены в главе III рассматриваемого закона и будут рассмотрены в следующем параграфе.

Органы государственной власти Российской Федерации

В число рассматриваемых государственных органов, обладающих полномочиями в области гражданской обороны, включены:

Президент Российской Федерации;

Правительство Российской Федерации;

[42] Василишин И.И. . Каф. 43 «Правового обеспечения деятельности РСЧС»

[43] «Собрание законодательства РФ», 16.02.1998, №7, ст.799.

федеральные органы исполнительной власти.

Президент России в соответствии с Конституцией Российской Федерации[44] обладает широким кругом полномочий, вытекающих из его статуса как главы государства и обеспечивающих ему возможность выполнять закрепленные за ним функции. Эти полномочия затрагивают, по сути дела, все стороны государственной деятельности, их можно обобщить по следующим сферам. Полномочия, связанные с:

формированием федеральных органов государственной власти;

участием в законотворчестве;

функционированием исполнительных органов государственной власти;

обеспечением осуществления полномочий федеральной государственной власти на всей территории Российской Федерации;

внешней политикой и обороной;

иными сферами государственной деятельности.

Ст.5 Закона о ГО определяет следующие *полномочия Президента Российской Федерации*:

определяет основные направления единой государственной политики в области гражданской обороны («Основы единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года» утверждены Президентом РФ 03.09.2011 №Пр-2613);

утверждает, а также вводит в действие (на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях в полном объеме или частично) План гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации. В соответствии с п.5 Положения о гражданской обороне в Российской Федерации, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 26.11.2007 №804, указанные Планы определяют объем, организацию, порядок, способы и сроки выполнения мероприятий по приведению гражданской обороны в установленные степени готовности при переводе ее с мирного на военное время, в ходе ее ведения, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. П.8 Положения о МЧС России, утвержденного Указом Президента РФ от 11.07.2004 №868, возлагает на указанное министерство разработку и представление проектов плана гражданской обороны Российской Федерации, а также предложений о порядке введения в действие плана гражданской обороны на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях в полном объеме либо частично;

утверждает структуру, состав спасательных воинских формирований федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны, штатную численность военнослужащих и гражданского персонала указанных воинских формирований и положение о спасательных воинских формированиях федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны (Указ Президента РФ от 30.09.2011 №1265 «О спасательных воинских формированиях Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»);

осуществляет иные полномочия в области гражданской обороны в соответствии с законодательством Российской Федерации.

[44] "Конституция Российской Федерации" (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 №6-ФКЗ, от 30.12.2008 №7-ФКЗ, от 05.02.2014 №2-ФКЗ)

Ст.6 Закона о ГО к *полномочиям Правительства Российской Федерации* относит:

обеспечение проведения единой государственной политики в области гражданской обороны (с учетом положений ст.114 Конституции РФ, Федерального конституционного закона от 17.12.1997 №2-ФКЗ «О Правительстве Российской Федерации»);

руководство организацией и ведением гражданской обороны (п.1 ст.11 Закона о ГО);

издание нормативных правовых актов в области гражданской обороны и организацию разработки проектов федеральных законов в области гражданской обороны (Постановление Правительства РФ от 02.08.2001 №576 «Об утверждении Основных требований к концепции и разработке проектов федеральных законов»);

определение порядка отнесения территорий к группам по гражданской обороне в зависимости от количества проживающего на них населения и наличия организаций, играющих существенную роль в экономике государства или влияющих на безопасность населения (утвержден Постановлением Правительства РФ от 03.10.1998 №1149), а также организаций - к категориям по гражданской обороне в зависимости от роли в экономике государства или влияния на безопасность населения (см. приказ МЧС России от 16.02.2012, определяющий порядок разработки, согласования и утверждения планов гражданской обороны);

определение порядка эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы (правила проведения данных мероприятий утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 22 июня 2004 г. № 303);

определение порядка обучения населения в области гражданской обороны (утвержден Постановлением Правительства РФ от 02.11.2000 №841);

определение порядка создания убежищ и иных объектов гражданской обороны (утвержден Постановлением Правительства РФ от 29.11.1999 №1309), а также порядка накопления, хранения и использования в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств (утвержден Постановлением Правительства РФ от 27.04.2000 №379);

осуществление иных полномочий в области гражданской обороны в соответствии с законодательством Российской Федерации и указами Президента Российской Федерации.

Указом Президента РФ от 21.05.2012 №636 «О структуре федеральных органов исполнительной власти определена трехзвенная система указанных органов - федеральные министерства, федеральные службы и федеральные агентства. Основным различием между данными субъектами административного права является отнесение к компетенции министерств нормотворческой функции, а также административное курирование подведомственных служб и агентств. Федеральные службы осуществляют надзор за правоприменением субъектами того же административного права действующего законодательства в отдельных сферах жизнедеятельности общества и государства, а агентства, в свою очередь, выступают «финансистами» всей деятельности, подведомственной федеральным министерствам.

В ст.7 Закона о ГО закреплено, что *федеральные органы исполнительной власти* в пределах своих полномочий и в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации:

принимают нормативные акты в области гражданской обороны[45], доводят их требования до сведения организаций, находящихся в их ведении, и контролируют их выполнение;

разрабатывают и реализуют планы гражданской обороны, согласованные с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области гражданской обороны, организуют проведение мероприятий по гражданской обороне, включая создание и подготовку необходимых сил и средств (в соответствии с п.4. Положения о гражданской обороне в Российской Федерации, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 26.11.2007 №804, порядок подготовки к ведению и ведения гражданской обороны в федеральном органе исполнительной власти определяется положением об организации и ведении гражданской обороны в федеральном органе исполнительной власти, утверждаемым его руководителем по согласованию с Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий);

осуществляют меры, направленные на сохранение объектов, необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время (в соответствии с порядком создания убежищ и иных объектов гражданской обороны, утвержденным Постановление Правительства РФ от 29.11.1999 №1309, к объектам гражданской обороны относятся убежища, противорадиационные укрытия, специализированные складские помещения для хранения имущества гражданской обороны, санитарно - обмывочные пункты, станции обеззараживания одежды и транспорта, а также иные объекты, предназначенные для обеспечения проведения мероприятий по гражданской обороне);

создают и поддерживают в состоянии постоянной готовности технические системы управления гражданской обороны и системы оповещения населения в районах размещения потенциально опасных объектов, находящихся в ведении указанных федеральных органов исполнительной власти, об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (так, например, в соответствии с п.п. б) п.22 Положения об организации и ведении гражданской обороны в Вооруженных Силах Российской Федерации, утвержденного Приказом Министра обороны РФ от 21.02.2012 №333, в целях реализации задачи, связанной с оповещением личного состава и населения военных городков об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера основными мероприятиями гражданской обороны являются:

включение объектов в централизованные системы оповещения военных округов и флотов, системы централизованного оповещения гражданской обороны, локальные системы оповещения потенциально опасных объектов;

создание радиосетей гражданской обороны гарнизонов, модернизация систем радио- и проводной связи;

создание локальных систем оповещения на потенциально опасных объектах;

[45] Как правило, это приказы соответствующих министерств (например, Приказ Минсельхоза РФ от 13.01.2011 №4 «Об утверждении Положения об организации и ведении гражданской обороны в Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации»).

создают и содержат в целях гражданской обороны запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств (в соответствии с п.4 Постановления Правительства РФ от 27.04.2000 №379 «О накоплении, хранении и использовании в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств» номенклатура и объемы запасов определяются создающими их органами и организациями с учетом методических рекомендаций, разрабатываемых МЧС России совместно с Министерством экономического развития Российской Федерации исходя из возможного характера военных действий на территории Российской Федерации, величины возможного ущерба объектам экономики и инфраструктуры, природных, экономических и иных особенностей территорий, условий размещения организаций, а также норм минимально необходимой достаточности запасов в военное время. При определении номенклатуры и объемов запасов должны учитываться имеющиеся материальные ресурсы, накопленные для ликвидации ЧС природного и техногенного характера).

Среди федеральных органов исполнительной власти особо следует отметить Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, которое (в соответствии со ст.13 Закона о ГО) в целях реализации государственной политики в области гражданской обороны уполномочено на решение задач в области гражданской обороны, осуществление соответствующего нормативного регулирования, а также специальные, разрешительные, надзорные и контрольные функции в области ГО.

Эти полномочия конкретизированы в Указе Президента РФ от 11.07.2004 №868, которым утверждено Положение о МЧС России.

В части, касающейся гражданской обороны, указанное Положение (п.7) устанавливает следующие задачи министерства:

выработка и реализация государственной политики в области ГО;

организация подготовки и утверждения в установленном порядке проектов нормативных правовых актов в области гражданской обороны;

осуществление управления в области гражданской обороны;

осуществление нормативного регулирования в целях предупреждения, прогнозирования и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций и пожаров, а также осуществление специальных, разрешительных, надзорных и контрольных функций по вопросам, отнесенным к компетенции МЧС России;

осуществление деятельности по организации и ведению гражданской обороны.

Положение также определяет значительный массив функций (п.8), которые возложены на МЧС России при разработке и представлении Президенту Российской Федерации и (или) в Правительству Российской Федерации:

предложений по формированию основ государственной политики в области ГО;

проектов законов, иных нормативных правовых актов и проекты технических регламентов в области гражданской обороны;

проектов плана гражданской обороны Российской Федерации, а также предложений о порядке введения в действие плана гражданской обороны на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях в полном объеме либо частично;

предложений о введении чрезвычайного положения на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях в случае возникновения ЧС;

проекта положения о спасательных воинских формированиях Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

доклада о состоянии гражданской обороны в Российской Федерации;

проекта положения о гражданской обороне в Российской Федерации;

предложения по отнесению территорий к группам по гражданской обороне;

перечня критически важных для национальной безопасности объектов инфраструктуры страны и др.

5.3. Полномочия органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в области гражданской обороны[46]

Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации

В соответствии со ст.2 Федерального закона от 06.10.1999 №184-ФЗ «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» систему органов государственной власти субъекта Российской Федерации составляют:

законодательный (представительный) орган государственной власти субъекта Российской Федерации;

высший исполнительный орган государственной власти субъекта Российской Федерации;

иные органы государственной власти субъекта Российской Федерации, образуемые в соответствии с конституцией (уставом) субъекта Российской Федерации.

Кроме того, Конституцией (уставом) субъекта Российской Федерации может быть установлена должность высшего должностного лица субъекта Российской Федерации.

Закон о ГО определяет полномочия органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, которые в значительной степени похожи на рассмотренные выше полномочия государственных органов Российской Федерации и реализуются в нормативных правовых актах соответствующего субъекта Российской Федерации[47]:

организуют проведение мероприятий по гражданской обороне, разрабатывают и реализовывают планы гражданской обороны и защиты населения (например, распоряжением первого заместителя Мэра в Правительстве Москвы от 12.10.2001 №108-РЗМ утверждены «Рекомендации по разработке планов основных мероприятий по вопросам гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций административных округов, районов г. Москвы, департаментов, комитетов, управлений Правительства Москвы, городских служб гражданской обороны и организаций»);

в пределах своих полномочий создают и поддерживают в состоянии готовности силы и средства гражданской обороны (например, часть указанных сил и средств определена Постановлением Правительства Москвы от 20.09.2005 №715-ПП «Об утверждении Положения о Московской городской территориальной подсистеме единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций»);

организуют подготовку и обучение населения в области гражданской обороны (например, распоряжением префектуры САО г. Москвы от 15.01.2013 №9 утвержде-

[46] Василишин И.И. . Каф. 43 «Правового обеспечения деятельности РСЧС»

[47] В рамках данной главы рассмотрим полномочия субъектов Российской Федерации на примере города федерального значения – города Москвы

ны организационно-методических указания по подготовке населения Северного административного округа города Москвы в области гражданской обороны, защиты от ЧС, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на 2013-2015 годы);

создают и поддерживают в состоянии постоянной готовности к использованию технические системы управления гражданской обороны, системы оповещения населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, защитные сооружения и другие объекты гражданской обороны (например, постановлением Правительства Москвы от 19.05.2009 №447-ПП утверждено Положение об организации оповещения населения города Москвы о чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени, постановлением Правительства Москвы от 19.01.2010 №25-ПП утверждено Положение о размещении защитных сооружений гражданской обороны в городе Москве);

планируют мероприятия по подготовке к эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы, их размещению, развертыванию лечебных и других учреждений, необходимых для первоочередного обеспечения пострадавшего населения (например, распоряжением префектуры ЮВАО г. Москвы от 29.06.2012 №391 утверждено положение о постоянной эвакуационной комиссии Юго-Восточного административного округа города Москвы);

планируют мероприятия по поддержанию устойчивого функционирования организаций в военное время;

создают и содержат в целях гражданской обороны запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств;

обеспечивают своевременное оповещение населения, в том числе экстренное оповещение населения, об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (например, Постановлением Правительства Москвы от 19.05.2009 №447-ПП утверждено положении об организации оповещения населения города Москвы о чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени»).

Таким образом, в Законе о ГО и изданных в его развитие нормативных правовых актах определены вопросы государственного участия в выполнении системы мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Закон о ГО к этим органам на федеральном уровне относит Президента Российской Федерации, Правительство Российской Федерации, федеральные органы исполнительной власти (особое место среди которых занимает МЧС России). На субъектовом уровне государственные органы представлены органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Ст.1 Федерального закона от 6 октября 2003 г. №131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (далее – Закон о местном самоуправлении) устанавливает, что местное самоуправление является одной из основ конституционного строя РФ, признается, гарантируется и осуществляет-

ся на всей территории РФ представляет собой *форму осуществления народом своей власти, обеспечивающую в пределах, установленных Конституцией Российской Федерации, федеральными законами, законами субъектов Российской Федерации, самостоятельное и под свою ответственность решение населением непосредственно и (или) через органы местного самоуправления вопросов местного значения, исходя из интересов населения с учетом исторических и иных местных традиций*.

Решаемые местным самоуправлением вопросы местного значения определяются законом и касаются обеспечения жизнедеятельности населения муниципального образования.

Местное самоуправление осуществляется, с одной стороны, непосредственно населением путем выборов, референдумов, сходов, собраний и конференций граждан и в других формах прямой демократии. В то же время, опосредованно оно осуществляется через органы местного самоуправления.

Как следует из ст.2 Закона о местном самоуправлении, органы местного самоуправления представляют собой избираемые непосредственно населением и (или) образуемые представительным органом муниципального образования органы, наделенные собственными полномочиями по решению вопросов местного значения.

Структура органов местного самоуправления представлена в ст.34 Закона о местном самоуправлении. Ее составляют:

представительный орган муниципального образования;

глава муниципального образования;

местная администрация (исполнительно-распорядительный орган муниципального образования);

контрольно-счетный орган муниципального образования;

иные органы и выборные должностные лица местного самоуправления, предусмотренные уставом муниципального образования и обладающие собственными полномочиями по решению вопросов местного значения.

С понятием «местное самоуправление» (формой осуществления власти) тесным образом связано понятие «муниципальное образование», характеризующее территориальные пределы осуществления местного самоуправления: городское или сельское поселение, муниципальный район, городской округ, городской округ с внутригородским делением, внутригородской район либо внутригородская территория города федерального значения.

Полномочия органов местного самоуправления определяют нормативные правовые акты трех уровней:

федерального (Конституция РФ, федеральные конституционные законы, федеральные законы, иные федеральные нормативные правовые акты);

субъектов Российской Федерации (конституции, уставы субъектов РФ, законы и иные источники права субъектов РФ);

муниципального (муниципальные нормативные правовые акты).

В п.2 ст.8 Закона о ГО закреплены полномочия органов местного самоуправления в области гражданской обороны.

Органы местного самоуправления самостоятельно в пределах границ муниципальных образований:

- *проводят мероприятия по гражданской обороне, разрабатывают и реализовывают планы гражданской обороны и защиты населения;*

В соответствии с п.5 Положения о гражданской обороне в Российской Федерации, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 26.11.2007 №804, ведение гражданской обороны в муниципальных образованиях осуществляется на основе планов гражданской обороны и защиты населения муниципальных образований.

- *проводят подготовку и обучение населения в области гражданской обороны;*

В соответствии с п.п. в) п.5 Положения об организации обучения населения в области гражданской обороны, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 02.11.2000 № 841, органы местного самоуправления в пределах территорий муниципальных образований:

разрабатывают с учетом особенностей муниципальных образований и на основе примерных программ, утвержденных органом исполнительной власти соответствующего субъекта Российской Федерации, примерные программы обучения работающего населения, должностных лиц и работников гражданской обороны, личного состава формирований и служб муниципальных образований;

организуют и осуществляют обучение населения муниципальных образований способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

осуществляют обучение личного состава формирований и служб муниципальных образований;

проводят учения и тренировки по гражданской обороне;

осуществляют организационно-методическое руководство и контроль за обучением работников, личного состава формирований и служб организаций, находящихся на территориях муниципальных образований;

создают, оснащают курсы гражданской обороны и учебно-консультационные пункты по гражданской обороне и организуют их деятельность или обеспечивают повышение квалификации должностных лиц и работников гражданской обороны муниципальных образований в образовательных учреждениях дополнительного профессионального образования, имеющих соответствующую лицензию.

- *создают и поддерживают в состоянии постоянной готовности к использованию муниципальные системы оповещения населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, защитные сооружения и другие объекты гражданской обороны;*

Оповещение осуществляется как через средства массовой информации или через локальные сети, так и звуковыми и иными сигналами.

В соответствии с п.9 Постановления Правительства РФ от 29.11.1999 №1309 «О Порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» органы местного самоуправления на соответствующих территориях определяют общую потребность в объектах гражданской обороны, создают в мирное время объекты гражданской обороны и поддерживают их в состоянии постоянной готовности к использованию, ведут учет существующих и создаваемых объектов гражданской обороны. П.13 рассматриваемого постановления Правительства РФ определяет, что в мирное время объекты гражданской обороны в установленном порядке[48] могут использоваться в

[48] Приказ МЧС РФ от 21.07.2005 №575 «Об утверждении Порядка содержания и использования защитных сооружений гражданской обороны в мирное время»

интересах экономики и обслуживания населения, а также для защиты населения от поражающих факторов, вызванных чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, с сохранением возможности приведения их в заданные сроки в состояние готовности к использованию по назначению.

- *проводят мероприятия по подготовке к эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы;*

Эвакуация представляет собой оперативное перемещение населения, материальных и культурных ценностей из опасных районов. Эвакуацию следует проводить в случае угрозы возникновения или появления реальной опасности формирования в этих зонах под влиянием разрушительных и вредоносных сил природы, техногенных факторов и применения современного оружия критических условий для безопасного нахождения людей, а также при невозможности удовлетворить в отношении жителей пострадавших территорий минимально необходимые требования и нормативы жизнеобеспечения (ГОСТ Р 22.3.03-94).

- *проводят первоочередные мероприятия по поддержанию устойчивого функционирования организаций в военное время;*

Отечественное законодательство довольно часто использует понятие «устойчивое функционирование»: в Указе Президента РФ от 23.11.1995 №1173 «О мерах по осуществлению устойчивого функционирования объектов, обеспечивающих безопасность государства», Указе Президента РФ от 02.07.1996 №1012 «О гарантиях безопасного и устойчивого функционирования атомной энергетики Российской Федерации», Постановлении Правительства РФ от 06.09.2013 №786 «О Правительственной комиссии по обеспечению устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса Сибири и Дальнего Востока» и др. Однако ни один нормативный правовой акт не содержит определения понятия «устойчивое функционирование», или какого-либо пояснения его смысла.

- *создают и содержат в целях гражданской обороны запасы продовольствия, медицинских средств индивидуальной защиты и иных средств;*

С учетом требований Постановления Правительства РФ от 27.04.2000 №379 «О накоплении, хранении и использовании в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств», а также «Методических рекомендаций по определению номенклатуры и объемов создаваемых в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, накапливаемых федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями» (утверждены совместным актом Минэкономразвития России 27.04.2012 и МЧС России 23.03.2012 №43-2047-14) органы местного самоуправления создают запасы для работников этих органов и созданных ими муниципальных организаций.

Запасы материально-технических средств включают в себя специальную и автотранспортную технику, средства малой механизации, приборы, оборудование и другие средства.

Запасы продовольственных средств включают в себя крупы, муку, мясные, рыбные и растительные консервы, соль, сахар, чай и другие продукты.

Запасы медицинских средств включают в себя лекарственные, дезинфицирующие и перевязочные средства, индивидуальные аптечки, а также медицинские ин-

струменты, приборы, аппараты, передвижное оборудование и другие изделия медицинского назначения.

Запасы иных средств включают в себя вещевое имущество, средства связи и оповещения, средства радиационной, химической и биологической защиты, средства радиационной, химической и биологической разведки и радиационного контроля, отдельные виды топлива, спички, табачные изделия, свечи и другие средства.

Что касается обеспечения населения средствами индивидуальной защиты, то органами местного самоуправления обеспечиваются работники этих органов и созданных ими муниципальных предприятий и учреждений (п.4 Приказа МЧС РФ от 21.12.2005 №993 «Об утверждении Положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты»)

обеспечивают своевременное оповещение населения, в том числе экстренное оповещение населения, об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

С 14.07.2013 это полномочие вменено органам местного самоуправления Федеральным законом от 02.07.2013 №158-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросу оповещения и информирования населения».

Этот же закон дополнил ст.1 Федерального закона от 21 декабря 1994 года №68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и ввел в оборот следующие понятия:

«оповещение населения о чрезвычайных ситуациях» - это доведение до населения сигналов оповещения и экстренной информации об опасностях, возникающих при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также при ведении военных действий или вследствие этих действий, о правилах поведения населения и необходимости проведения мероприятий по защите;

«информирование населения о чрезвычайных ситуациях» - это доведение до населения через средства массовой информации и по иным каналам информации о прогнозируемых и возникших чрезвычайных ситуациях, принимаемых мерах по обеспечению безопасности населения и территорий, приемах и способах защиты, а также проведение пропаганды знаний в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в том числе обеспечения безопасности людей на водных объектах, и обеспечения пожарной безопасности;

«комплексная система экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций» - это элемент системы оповещения населения о чрезвычайных ситуациях, представляющий собой комплекс программно-технических средств систем оповещения и мониторинга опасных природных явлений и техногенных процессов, обеспечивающий доведение сигналов оповещения и экстренной информации до органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и до населения в автоматическом и (или) автоматизированном режимах;

«зона экстренного оповещения населения» - это территория, подверженная риску возникновения быстроразвивающихся опасных природных явлений и техногенных процессов, представляющих непосредственную угрозу жизни и здоровью находящихся на ней людей.

- *в пределах своих полномочий создают и поддерживают в состоянии готовности силы и средства гражданской обороны, необходимые для решения вопросов местного значения.*

Данное полномочие вменено органам местного самоуправления Федеральным законом от 28.12.2013 №404-ФЗ «О внесении изменений в статью 14 Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и Федеральный закон «О гражданской обороне».

Организацию и основные направления подготовки к ведению и ведения гражданской обороны, а также основные мероприятия по гражданской обороне в муниципальных образованиях и организациях определил Приказ МЧС РФ от 14.11.2008 № 687 «Об утверждении Положения об организации и ведении гражданской обороны в муниципальных образованиях и организациях», в котором подробным образом детализированы выше рассмотренные полномочия органов местного самоуправления.

5.4. Полномочия организаций в области гражданской обороны[49]

В п.1 ст.48 «Гражданского кодекса Российской Федерации (части первой)» от 30.11.1994 №51-ФЗ (далее – ГК РФ) закреплено: «юридическим лицом признается *организация*, которая имеет обособленное имущество и отвечает им по своим обязательствам, может от своего имени приобретать и осуществлять гражданские права и нести гражданские обязанности, быть истцом и ответчиком в суде».

В отдельных случаях законодатель, для целей отдельно взятого закона или законодательства в той или иной сфере, конкретно определяет соответствующее понятие. Так, п.2 ст.11 «Налогового кодекса Российской Федерации (части первой)» от 31.07.1998 №146-ФЗ «для целей настоящего Кодекса и иных актов законодательства о налогах и сборах» содержит следующее определение «организаций»: это юридические лица, образованные в соответствии с законодательством Российской Федерации, а также иностранные юридические лица, компании и другие корпоративные образования, обладающие гражданской правоспособностью, созданные в соответствии с законодательством иностранных государств, международные организации, филиалы и представительства указанных иностранных лиц и международных организаций, созданные на территории Российской Федерации.

Существуют значительное число оснований классификации юридических лиц:

в зависимости от цели деятельности юридические лица подразделяются на *коммерческие* (преследуют извлечение прибыли в качестве основной цели своей деятельности) и *некоммерческие* (извлечение прибыли не является основной целью, и полученная прибыль не распределяется между участниками) – ст.50 ГК РФ;

в зависимости от организационной структуры закреплено деление юридических лиц на корпоративные и унитарные (деление связано, прежде всего, с наличием или отсутствием членства;

в зависимости от формы собственности, которая лежит в основе юридического лица и определяет содержание его деятельности, принято выделять *государственные* (в том числе муниципальные) и *негосударственные* (частные) юридические лица;

в зависимости от наличия «иностранного элемента» в общей массе юридических лиц необходимо выделять те из них, в которых учредителями (участниками) являются иностранные физические или юридические лица (что связано с различного рода особенностями, ограничениями участия в имущественном обороте);

[49] Василишин И.И. . Каф. 43 «Правового обеспечения деятельности РСЧС»

другие основания.

Все юридические лица, в конечном итоге, создаются в конкретных организационно-правовых формах хозяйственных товариществ и обществ, крестьянских (фермерских) хозяйств, хозяйственных партнерств, производственных кооперативов, государственных и муниципальных унитарных предприятий, потребительских кооперативов, общественных организаций, ассоциаций (союзов) и многих других.

Ст.9 Закона о ГО, определяющая полномочия организаций в области гражданской обороны, не позволяет четко определить перечень юридических лиц, обладающих данными полномочиями. В то же время, в п.2 Постановления Правительства РФ от 10.07.1999 № 782 «О создании (назначении) в организациях структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны» закреплено: «структурные подразделения (работники) по гражданской обороне создаются (назначаются) в организациях независимо от их организационно-правовой формы с целью управления гражданской обороной в этих организациях». Таким образом, любые юридические лица должны реализовывать полномочия в области гражданской обороны.

Организации в пределах своих полномочий и в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации:

планируют и организуют проведение мероприятий по гражданской обороне;

проводят мероприятия по поддержанию своего устойчивого функционирования в военное время;

осуществляют обучение своих работников в области гражданской обороны;

создают и содержат в целях гражданской обороны запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств.

Однако в общем объеме юридических лиц следует выделять те из них, на кого возлагаются особые обязанности в области гражданской обороны с учетом их статуса. С учетом положений п.2 ст.9 Закона о ГО, к ним относятся организации, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне, организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты I и II классов опасности, особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты, гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности и гидротехнические сооружения высокой опасности, а также организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты III класса опасности, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне.

Следует особо отметить, что реализация полномочий организаций в области гражданской обороны в значительной степени осуществляется посредством создания (назначения) в организациях структурных подразделений (работников) по гражданской обороне для обеспечения:

планирования и проведения мероприятий по гражданской обороне;

создания и поддержания в состоянии постоянной готовности к использованию локальных систем оповещения;

обучения работников организаций способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

создания и содержания в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств;

проведения мероприятий по поддержанию устойчивого функционирования организаций в военное время;

создания и поддержания в состоянии постоянной готовности нештатных аварийно-спасательных формирований, привлекаемых для решения задач в области гражданской обороны.

Количество работников в структурном подразделении по гражданской обороне или отдельных работников по гражданской обороне в составе других подразделений организации определяется исходя из требований постановления Правительства РФ от 10.07.1999г. №782 «О создании (назначении) в организациях структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны».

Во исполнение рассмотренного выше Постановления Правительства Российской Федерации от 10 июля 1999 г. №782, Приказом МЧС России от 31.07.2006 №440 утверждено «Положение об уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны структурных подразделениях (работниках) организаций».

В нормативных правовых актах в области гражданской обороны полномочия организаций, как правило, выделены в отдельные структурные элементы данных актов (параграфы, пункты, подпункты и т.п.). Будучи ограниченными объемом учебного пособия, приведем только некоторые из подобных актов.

Так, в соответствии с п.п. «г» п.5 Постановления Правительства РФ от 02.11.2000 № 841 «Об утверждении Положения об организации обучения населения в области гражданской обороны», в целях организации и осуществления обучения населения в области гражданской обороны организации:

разрабатывают с учетом особенностей деятельности организаций и на основе примерных программ, утвержденных соответственно Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органом местного самоуправления, рабочие программы обучения личного состава формирований и служб организаций, а также рабочие программы обучения работников организаций в области гражданской обороны;

осуществляют обучение личного состава формирований и служб организаций, а также работников организаций в области гражданской обороны;

создают и поддерживают в рабочем состоянии соответствующую учебно-материальную базу.

В соответствии с п.10 Постановления Правительства РФ от 29.11.1999 №1309 «О Порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» организации:

создают в мирное время по согласованию с федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, в сфере ведения, которых они находятся, объекты гражданской обороны;

обеспечивают сохранность объектов гражданской обороны, принимают меры по поддержанию их в состоянии постоянной готовности к использованию;

ведут учет существующих и создаваемых объектов гражданской обороны.

Федеральным законом от 28.12.2013 №404-ФЗ «О внесении изменений в статью 14 Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и Федеральный закон «О гражданской обороне» ст.1 Закона о ГО дополнена абзацем следующего содержания: «нештатные

формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне - формирования, создаваемые организациями из числа своих работников в целях участия в обеспечении выполнения мероприятий по гражданской обороне и проведения не связанных с угрозой жизни и здоровью людей неотложных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций». В связи с этим претерпели изменение и другие положения рассматриваемого закона, касающиеся организаций. Как было указано в пояснительной записке к законопроекту, в соответствии с новой редакцией п.2 ст.9 Закона о ГО «организации, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне, должны создавать и поддерживать в готовности нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне, а организации, имеющие опасные производственные объекты, аварии на которых могут являться источниками чрезвычайных ситуаций, и эксплуатирующие их, отнесенные в установленном порядке к категориям по гражданской обороне, кроме нештатных формирований по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне, должны создавать нештатные аварийно-спасательные формирования в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, и поддерживать их в состоянии готовности».

5.5. Права и обязанности граждан Российской Федерации в области гражданской обороны[50]

Юридическое содержание правоотношений в любой сфере общественных отношений составляют субъективные права и юридические обязанности участвующих в них субъектов.

Субъективные права представляют собой предусмотренные законодательством возможные варианты поведения участников правоотношений. Права могут быть реализованы следующими правомочиями:

правомочием обладать определенным благом;

правомочием на совершение определенных действий;

правомочием, которое позволяет субъекту потребовать от другого участника правоотношения исполнения юридической обязанности;

правомочием обратиться за защитой в судебный орган (в случае нарушения субъективного права, невыполнения другой стороной своих обязанностей, обусловленных правоотношением).

Юридическая обязанность - это предусмотренная нормой права мера должного поведения участника правоотношения. В отличие от субъективного права нельзя отказаться от исполнения юридической обязанности. Отказ от исполнения юридической обязанности является основанием для юридической ответственности. В зависимости от того, какой вид поведения предусматривается диспозицией правовой нормы, юридические обязанности бывают либо активные, либо пассивные. Активные обязанности закрепляют необходимость действия, а пассивные - необходимость воздержания от действий, запрещенных нормами права.

Права и обязанности граждан Российской Федерации в области гражданской обороны закреплены в ст.10 Закона о ГО. Содержание статьи предусматривает, что граждане Российской Федерации в соответствии с федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации:

проходят обучение в области гражданской обороны;

[50] Василишин И.И. . Каф. 43 «Правового обеспечения деятельности РСЧС»

принимают участие в проведении других мероприятий по гражданской обороне;

оказывают содействие органам государственной власти и организациям в решении задач в области гражданской обороны.

Вопросы обучения граждан в области гражданской обороны регламентированы Постановлением Правительства РФ от 02.11.2000 №841 (ред. от 22.10.2008), которым утверждено «Положение об организации обучения населения в области гражданской обороны».

Основными задачами обучения населения в области гражданской обороны являются:

а) изучение способов защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, порядка действий по сигналам оповещения, приемов оказания первой медицинской помощи, правил пользования коллективными и индивидуальными средствами защиты;

б) совершенствование навыков по организации и проведению мероприятий по гражданской обороне;

в) выработка умений и навыков для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ;

г) овладение личным составом нештатных аварийно-спасательных формирований и спасательных служб приемами и способами действий по защите населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Законодатель разделил всех обучаемых граждан на несколько групп:

руководители федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, главы муниципальных образований, главы местных администраций и руководители организаций;

должностные лица гражданской обороны, руководители и работники органов, осуществляющих управление гражданской обороной, преподаватели курса «Основы безопасности жизнедеятельности» и дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» учреждений общего и профессионального образования;

личный состав формирований и служб;

работающее население;

обучающиеся образовательных учреждений, за исключением дошкольных образовательных учреждений и образовательных учреждений дополнительного образования детей;

неработающее население.

В зависимости от принадлежности лица к определенной группе, используются различные формы обучения, изложенные в приложении к вышеуказанному Положению. Кроме того, в рассматриваемом нормативном акте для различных групп граждан определены образовательные учреждения, организации и органы власти, осуществляющие их обучение.

Участие в проведении других мероприятий по гражданской обороне связано с содержанием ст.2 Закона о ГО, в которой, помимо обучения населения, предусмотрен целый ряд иных задач. Выполнение органами государственной власти, органами местного самоуправления и организациями данных задач в большинстве случаев предусматривает реализацию соответствующих прав граждан. Наглядными примерами таких задач, из которых усматривается необходимость предоставления гражданам

соответствующих прав, являются оповещение населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; эвакуация населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы; предоставление населению убежищ и средств индивидуальной защиты и др. В то же время, при реализации отдельных задач гражданской обороны (например, борьбы с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий) усматриваются обязанности граждан. Так, ст.37 Федерального закона от 21.12.1994 №69-ФЗ (ред. от 12.03.2014) «О пожарной безопасности» устанавливает следующие обязанности граждан: соблюдать требования пожарной безопасности; при обнаружении пожаров немедленно уведомлять о них пожарную охрану; оказывать содействие пожарной охране при тушении пожаров и др.

Оказание содействия органам государственной власти и организациям также связано с решением задач в области гражданской обороны. В данном случае наглядным примером является содействие в срочном захоронении трупов в военное время, содействие восстановлении и поддержании порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Глава 6. Организация управления, оповещения и связи

6.1. Основные принципы организации управления гражданской обороной[51]

Основой управления выполнением мероприятий гражданской обороны является целенаправленная деятельность должностных лиц и органов управления всех уровней по решению задач, направленных на всестороннюю подготовку и ведение гражданской обороны:

в мирное время - обеспечение постоянной готовности органов управления и сил ГО к решению задач в очагах поражения; разработка и своевременная корректировка планов гражданской обороны и защиты населения (далее - ГО и ЗН) на военное время; разработка перспективных и годовых планов по подготовке ГО и ЗН и организация их выполнения; организация всесторонней подготовки органов управления, сил ГО и населения по гражданской обороне;

в период нарастания угрозы агрессии - быстрый и организованный перевод органов управления и сил в соответствующую степень готовности;

в военное время - организация осуществления планов ГО с учетом реально сложившейся обстановки; обеспечение и поддержание в готовности органов управления, систем связи и оповещения, сил и средств ГО и ЗН с учетом их возможных потерь и ущерба.

Для обеспечения управления создается соответствующая система управления, включающая в себя органы и пункты управления, системы оповещения и связи, а также технические средства управления и наблюдения.

Органами управления являются органы государственного управления федерального, межрегионального, регионального, муниципального и объектового уровней.

В мирное время непосредственное управление ГО осуществляют руководители гражданской обороны и органы управления, осуществляющие управление гражданской обороной.

В военное время система управления ГО организационно базируется на тех же органах управления, но с учетом их перевода на штаты и условия работы военного времени.

Сложность задач, стоящих перед гражданской обороной, и условия, в которых они будут решаться, предъявляют высокие требования к управлению.

Информация, необходимая для управления, должна обладать:

максимальной оперативностью;

достоверностью и полнотой;

широтой обзора явлений;

возможностью оперативного отображения на картах и автоматизированных средствах отображения;

совместимостью со специальными банками данных, используемых для принятия решения.

Управление может быть успешным, если вся система управления будет находиться в высокой степени готовности, если оно будет устойчивым, непрерывным, твердым, гибким, оперативным и скрытым.

Устойчивость управления – в общем случае, это способность системы сохранять и выполнять свои функции при воздействии дестабилизирующих факторов. Она

[51] Кузьмин А.А. Каф. 11«Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

зависит от структуры системы, стойкости к воздействию дестабилизирующих факторов её звеньев, элементов, их взаимосвязей и интенсивности воздействия дестабилизирующих факторов.

В целях обеспечения устойчивости управления на случай выхода из строя её основных органов управления заблаговременно в мирное время на всех уровнях и во всех звеньях создается система дублирующих органов управления.

Непрерывность управления предполагает наличие у органа управления возможности получать необходимую информацию и своевременно доводить свои решения до подчиненных и влиять на ход их действий. Она тесно связана и зависит от устойчивости управления.

Оперативность управления — это своевременное реагирование на все изменения обстановки и условий решения поставленных задач.

Гибкость управления означает возможность быстрого внесения необходимых корректив в ранее принятое решение или даже отказ от него, если оно перестало отвечать изменившимся условиям обстановки.

Скрытое управление есть комплекс мероприятий по сохранению в тайне от противника сведений, используемых в управлении силами, предприятиями, организациями, объектами.

Основными направлениями повышения эффективности и устойчивости системы управления мероприятиями ГО на военное время являются:

совершенствование нормативной правовой базы, регулирующей вопросы создания и совершенствования системы управления ГО на военное время;

совершенствование системы планирования мероприятий ГО до объекта включительно;

разработка и реализация комплекса организационно-технических решений по повышению устойчивости системы управления ГО (живучести пунктов управления, систем связи и оповещения);

создание запасных пунктов управления ГО;

разработка и внедрение во всех уровнях управления программных комплексов информационной поддержки решений руководителей ГО;

создание ведомственных цифровых систем связи ГО по линии запасных пунктов управления мероприятиями ГО на базе волоконно-оптической сети;

создание мобильных узлов связи в составе подвижных и мобильных пунктов управления ГО и оснащение их средствами спутниковой связи и средствами привязки к опорным узлам связи;

замена устаревших средств связи, используемых в управлении ГО, а также находящихся на складах длительного хранения, на современные средства связи военного и общего применения;

использование аппаратных и программных средств закрытия информации, циркулирующей в системе управления ГО;

создание в составе городских и загородных запасных ПУ защищенных узлов связи;

обеспечение всех пунктов управления автономными источниками питания.

Управление выполнением мероприятий ГО базируется и осуществляется на основе следующих основных принципов:

единство государственного управления;

единоначалие;

централизация руководства в сочетании с децентрализацией и представлением подчиненным инициативы в определении путей и способов осуществления мероприятий ГО;

предвидение;

оперативное и гибкое реагирование на изменение обстановки;

твердость и настойчивость в проведении принятых решений и планов в жизнь;

всесторонняя обоснованность управленческих решений;

личная ответственность руководителей всех уровней и звеньев за принимаемые решения и результаты выполнения мероприятий ГО.

Принцип единства государственного управления заключается в единой политике законотворчества, государственного регулирования и управления, в наличии механизмов координации деятельности;

Принцип единоначалия является важнейшим, исторически проверенным принципом организации управления ГО. Сущность единоначалия заключается в том, что руководители ГО наделяются всей полнотой распорядительной власти по отношению к подчинённым и несут полную ответственность за все результаты деятельности подчинённых спасательных воинских формирований. Для подчинённого же этот принцип означает, что у него должен быть только один, непосредственный начальник.

Необходимым принципом организации управления ГО является *предвидение*. Оно означает необходимость заблаговременной подготовки управленческих решений на основе прогноза развития обстановки. Управление должно быть упреждающим, иначе оно не будет поспевать за ходом событий. Упреждение необходимо и для того, чтобы дать подчинённым время на подготовку к действиям.

Принцип рационального сочетания централизации и децентрализации управления заключается в том, что высшие органы управления ГО определяют задачи для низших и обеспечивают их соответствующими ресурсами. Они вырабатывают общие основы управления и выполнения задач, предоставляя при этом право подчинённым самим выбирать наиболее подходящие способы и пути выполнения, сообразуясь с условиями обстановки.

В управлении ГО требуется более жёсткая и более высокая степень централизации, чем в других областях. Это связано с более высокой ценой возможных ошибок. Централизованное управление ГО позволяет наиболее полно использовать высокую компетентность, осведомлённость и практический опыт вышестоящих органов управления, оперативно сконцентрировать усилия и ресурсы на наиболее важных направлениях с учётом обстановки, контролировать любые действия и вопросы, а в случае необходимости – замыкать на себя любое звено управления ГО. Однако такой способ управления оказывается не всегда эффективным. Более того, такой способ управления наиболее уязвим с точки зрения возможности подавления или уничтожения центрального органа управления ГО. Степень централизации управления может быть изменена самим руководителем ГО, имеющим на это право, исходя из обстановки. Поэтому в некоторых случаях более выгодным оказывается децентрализованное управление, а чаще всего – сочетание централизованного и децентрализованного управления. Сочетание централизации и децентрализации в управлении ГО выражается в распределении функций между органами управления и должностными лицами. При этом должны быть учтены важность стоящих задач, условия обстановки, подготовка и организаторские способности подчинённых руководителей.

Принцип *оперативного и гибкого реагирования на изменения обстановки* заключается в объективном уточнении принятых решений на основе анализа изменений в обстановке.

Принцип *всесторонней обоснованности управленческих решений* заключается в учёте требований законов и закономерностей управления; полной и достоверной информации; высокой компетентности лица, принимающего решение. Не следует стремиться к «идеальному» решению, однако оно должно иметь разумное основание.

Принцип *твёрдости и настойчивости в выполнении принятых решений* заключается в том, что однажды принятое решение должно выполняться неукоснительно в полном объёме и до достижения поставленных целей. При несоблюдении этого принципа самые лучшие управленческие решения оказываются нереализованными, а потому бесполезными.

Принцип *личной ответственности руководителей всех уровней и звеньев за принимаемые решения и результаты выполнения мероприятий ГО* заключается в создании четкой организационной структуры, детальной разработке положений об отдельных звеньях системы, выяснение взаимосвязей и взаимоотношений между последними, установление характера и видов ответственности, а также её механизма, определение пропорциональных прав и обязанностей руководителей и исполнителей всех уровней, четкое распределение ответственности в соответствии с иерархией системы управления ГО. Ответственность служит своего рода средством контроля за надлежащим выполнением должностных обязанностей как руководителей ГО любого уровня, так и исполнителей.

Орган, осуществляющий управление гражданской обороной, является основным организатором управления выполнением мероприятиями ГО, важнейшей обязанностью которого является твердое проведение в жизнь решений и указаний руководителя ГО. Работа органа, осуществляющего управление гражданской обороной, заключается в поддержании системы управления ГО в высокой готовности для успешного и своевременного осуществления соответствующих мероприятий.

В решении этих вопросов ведущая роль принадлежит руководителю органа управления ГО. Он обязан постоянно знать обстановку и быть готовым доложить руководителю ГО выводы из нее и предложения для принятия решения.

Основой организации управления ГО является решение руководителя ГО, в котором определяются: замысел действий; задачи подчиненным силам и средствам; порядок взаимодействия организаций, участвующих в осуществлении мероприятий ГО.

Перед принятием решения руководитель ГО должен уяснить задачу и оценить обстановку.

В результате уяснения задачи он должен четко представлять характер и сложность выполнения мероприятий, где и какой объем работ предстоит выполнить, понять замысел вышестоящего органа управления и его требования к организации выполнения мероприятий ГО. После уяснения задачи руководитель ГО определяет конкретные мероприятия ГО, которые необходимо осуществить немедленно, дает указания руководителю органа, осуществляющего управление ГО по отдаче предварительных распоряжений подчиненным силам.

При оценке обстановки руководитель ГО должен определить, как различные факторы воздействуют на выполнение мероприятий ГО, позволяющие с наибольшей эффективностью использовать благоприятные условия обстановки и до минимума снизить ее отрицательное влияние.

С этой целью он изучает:

характер и объем предстоящих мероприятий и условия, в которых они будут выполняться (характер и объем разрушений, повреждений, заражений объектов экономики, материальных средств, поражений людей, животных и др.);

свои силы и средства;

состояние и характер действий сил и органов, осуществляющих управление ГО, соседних территориальных и административных образований;

характер местности, состояние дорог (маршрутов) и их влияние на действия сил ГО, при осуществлении мероприятий ГО;

гидрометеорологические условия, состояние погоды, времени года и суток.

Важнейшим элементом решения является замысел действия, которым определяются:

мероприятия ГО, на выполнение которых необходимо сосредоточить основные усилия;

способы и последовательность выполнения мероприятий ГО;

состав сил и средств и порядок их использования.

На основании принятого руководителем ГО решения организуется разработка специальных мероприятий ГО по обеспечению выполнения принятого решения и использованию сил и средств при осуществлении этих мероприятий.

Все решения руководителей, связанные с подготовкой осуществления мероприятий ГО и организация их выполнения, реализуются в рамках годовых планов основных мероприятий ГО, а решения, связанные с ведением ГО в условиях военного времени, реализуются в рамках планов ГО, разработка которых осуществляется заблаговременно в соответствии с требованиями и положениями соответствующих нормативно-методических документов.

О принятых решениях руководитель докладывает в вышестоящий орган управления и информирует соседей.

Решение руководителя приобретает законную силу только после доведения задач до подчиненных, которые могут иметь форму как письменного, так и устного (с последующим оформлением письменно) приказа и передаваться лично, путем вызова подчиненных, по техническим средствам связи или иными способами.

В приказе руководителя на осуществление мероприятий ГО указываются:

в первом пункте - населенные пункты, объекты, по которым противник нанес удар и краткие выводы из оценки обстановки;

во втором пункте - задачи сил гражданской обороны, привлекаемых на осуществление мероприятий ГО, состав привлекаемых сил и средств и замысел их действий;

в третьем пункте - после слова «приказываю» отдельными абзацами, обозначенными буквами в алфавитном порядке, ставятся задачи подчиненным на осуществление мероприятий ГО;

в четвертом пункте - время готовности к выполнению задач по осуществлению мероприятий ГО, порядок предоставления докладов о ходе их выполнения;

в пятом пункте - места и время развертывания пунктов управления;

в шестом пункте - заместители и дублирующие органы управления.

Принципы организации управления ГО не выбирают (какой удобнее), всеми ими необходимо руководствоваться в практической деятельности. Отход от принципов организации управления ГО в работе руководителей и органов управления, как

правило, приводит к нежелательным последствиям и появлению дополнительных проблем, решение которых потребует дополнительных усилий и ресурсов.

История показывает, что в тех случаях, когда не соблюдались принципы организации управления ГО, действия были неудачными или, по крайней мере, неэффективными.

6.2. Органы управления гражданской обороны[52]

В системе Гражданской обороны создана и функционирует стройная система органов управления. В эту систему входят федеральные, региональные, муниципальные, и объектовые органы управления.

Органами, осуществляющими управление гражданской обороной, являются:

на федеральном уровне - Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

в федеральных округах Российской Федерации - региональные центры по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (региональные центры);

в субъектах Российской Федерации - главные управления МЧС России по субъектам Российской Федерации (главные управления МЧС России);

на территориях муниципальных образований органами, осуществляющими управление гражданской обороной, являются управления (отделы, секторы) ГОЧС администраций муниципальных образований.

в администрациях сельских и городских поселений могут быть созданы нештатные органы управления гражданской обороны или функции органа управления могут быть возложены на заместителя главы сельского (городского) поселения.

в федеральных органах исполнительной власти и организациях для планирования и организации выполнения мероприятий гражданской обороны, контроля за их выполнением создаются штатные структурные подразделения (отделы, сектора, группы) или назначаются отдельные работники (в зависимости от объема работы), уполномоченные решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Во всех организациях, независимо от сфер хозяйственной деятельности, форм собственности, органы управления гражданской обороны могут быть представлены штатными структурными подразделениями администраций, учреждений, предприятий (отделами, секторами и др.), уполномоченными на решение задач в области гражданской обороны или нештатными органами (например, штабами гражданской обороны). Органы управления гражданской обороны, создаваемые в организациях, называются объектовыми.

Таким образом, на всех уровнях государственного и муниципального управления в настоящее время созданы и функционируют соответствующие органы управления гражданской обороной. Основной функцией органа управления гражданской обороны является предвидение опасностей, возникающих при ведении военных действий, заблаговременная подготовка сил и средств, планирование мероприятий по защите населения, материальных и культурных ценностей организаций (учреждений, предприятий) и своевременное их осуществление.

[52] Петешев И.В. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

Следовательно, органы управления гражданской обороной играют главную роль по защите населения и территорий от опасностей, возникающих во время военных действий и занимают ведущее место в обеспечении устойчивого их функционирования в любых условиях обстановки.

Законодательно определено, что руководители федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций несут персональную ответственность за организацию и проведение мероприятий по гражданской обороне и защите населения.

Руководство гражданской обороной в Российской Федерации осуществляет Правительство Российской Федерации.

Государственную политику в области гражданской обороны осуществляет федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный Президентом Российской Федерации на решение задач в области гражданской обороны.

В целях реализации государственной политики в области гражданской обороны федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на решение задач в области гражданской обороны, осуществляет соответствующее нормативное регулирование, а также специальные, разрешительные, надзорные и контрольные функции в области гражданской обороны.

Руководство гражданской обороной в федеральных органах исполнительной власти и организациях осуществляют их руководители.

Руководство гражданской обороной на территориях субъектов Российской Федерации и муниципальных образований осуществляют соответственно главы органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и руководители органов местного самоуправления.

Руководители федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций организуют и проводят мероприятия по гражданской обороне в пределах своих полномочий и несут персональную ответственность за выполнение возложенных на них задач.

Задачи, функции и полномочия МЧС России определены указом Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868.

Региональные центры и главные управления МЧС России по субъектам Российской Федерации комплектуются военнослужащими войск гражданской обороны, лицами начальствующего состава Государственной противопожарной службы и гражданским персоналом. Руководители указанных территориальных органов назначаются в установленном порядке МЧС России.

Задачи, функции и полномочия регионального центра и главного управления МЧС России по субъекту Российской Федерации определены «Положением о территориальном органе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий - региональном центре по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» и «Положением о территориальном органе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий - органе, специально уполномоченном решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъекту Российской Федерации»,

утвержденными приказами МЧС России соответственно от 1 октября 2004 г. № 458 и от 6 июня 2004 г. № 372.

Территориальные органы - региональные центры по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и органы, уполномоченные решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъектам Российской Федерации, комплектуются военнослужащими спасательных воинских формирований федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны, лицами начальствующего состава федеральной противопожарной службы и гражданским персоналом.

Руководители указанных территориальных органов назначаются в установленном порядке руководителем федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны, из числа военнослужащих спасательных воинских формирований федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны, лиц начальствующего состава федеральной противопожарной службы и гражданского персонала, за исключением лиц назначаемых на должность и освобождаемых от должности Президентом РФ.

Структурные подразделения, создаваемые в организациях для организации и ведения ГО.

Постоянно действующим органом управления в звене РСЧС на объектовом уровне является штаб (отдел, сектор или специально назначенное лицо) по делам ГОЧС, который предназначен для руководства подготовкой объектового звена к выполнению задач РСЧС и участия в управлении силами при практическом выполнения этих задач.

В соответствии со ст. 12 Федерального закона «О гражданской обороне», постановлением Правительства Российской Федерации от 10.07.99 г. № 782 утверждено Положение о создании (назначении) в организациях структурных подразделений, специально уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны.

В нем речь идет о создании органов управления по ГО в объектовом звене. МЧС России данным постановлением было поручено разработать и утвердить в 1999 году Примерное положение о специально уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны структурных подразделениях (работниках) с участием Минэкономики, Минфина, Минтруда и социального развития, Минюста России, других заинтересованных федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов РФ.

Основными задачами структурных подразделений (работников) по гражданской обороне организаций являются:

организация планирования и проведения мероприятий по гражданской обороне;

организация создания и обеспечение поддержания в состоянии постоянной готовности к использованию локальных систем оповещения;

организация обучения работников организаций способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;

обеспечение создания и содержания в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств;

организация планирования и проведения мероприятий по поддержанию устойчивого функционирования организаций в военное время;

обеспечение создания и поддержания в состоянии постоянной готовности служб гражданской обороны, гражданских организаций гражданской обороны.

В соответствии с основными задачами структурные подразделения (работники) по гражданской обороне:

организуют разработку и корректировку планов гражданской обороны организации;

осуществляют методическое руководство планированием мероприятий гражданской обороны в дочерних и зависимых хозяйственных обществах (если они имеются);

планируют эвакуационные мероприятия и организуют заблаговременную подготовку базы в загородной зоне;

разрабатывают проекты документов, регламентирующих работу организации в области гражданской обороны;

ведут учет выполняемых мероприятий в области гражданской обороны;

готовят предложения по мероприятиям гражданской обороны в мобилизационные планы организаций;

организуют планирование и осуществление мероприятий, направленных на поддержание устойчивого функционирования организаций в военное время;

организуют учет защитных сооружений, осуществляют контроль за их состоянием;

планируют и организуют проведение мероприятий по световой и другим видам маскировки;

организуют создание и поддержание в состоянии постоянной готовности к использованию локальных систем оповещения об угрозе нападения и применения современных средств поражения;

организуют прием сигналов гражданской обороны и доведение их до руководящего состава;

организуют оповещение работников организаций и населения, в пределах зон действия локальных систем оповещения;

планируют и организуют подготовку по гражданской обороне руководящего состава организаций;

организуют создание, оснащение, подготовку служб гражданской обороны, гражданских организаций гражданской обороны, а также осуществляют их учет;

планируют и обеспечивают руководство проведением АСР;

организуют обучение работников организаций способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;

планируют и организуют проведение командно-штабных учений (тренировок) и других учений по гражданской обороне, а также участвуют в организации проведения учений и тренировок по мобилизационному развертыванию и выполнению мобилизационных планов;

организуют работу по созданию, накоплению, хранению и освежению в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств;

организуют контроль за выполнением принятых решений и утвержденных планов по выполнению мероприятий гражданской обороны;

организуют научно-исследовательскую и научно-практическую работу в области гражданской обороны;

представляют организации во всех государственных и других организациях по вопросам гражданской обороны;

обобщают и распространяют передовой опыт решения задач в области гражданской обороны.

Согласно Положению о гражданской обороне органы управления (штабы) по делам ГОЧС организаций (объектов) будут от лица руководителей организаций (объектов) осуществлять следующие мероприятия гражданской обороны:

планирование и осуществление мероприятий по защите рабочих и служащих, основных производственных фондов, сырья и др. материальных ценностей от воздействия средств поражения в соответствии с установленными в Российской Федерации и г. Москве нормативами;

разработка планов гражданской обороны;

проведение мероприятий, направленных на повышение устойчивости функционирования своего производства в военное время;

создание, оснащение и поддержание в готовности гражданских организаций (формирований) гражданской обороны, организация подготовки личного состава;

организация накопления, хранения и поддержания в готовности индивидуальных и коллективных средств защиты, специального имущества гражданской обороны;

осуществление обучения по гражданской обороне рабочих и служащих, а также населения, проживающего в ведомственных жилых домах;

организация и поддержание в постоянной готовности локальных и объектовых систем оповещения;

создание необходимых условий персоналу объекта для выполнения ими обязанностей по гражданской обороне.

Согласно постановлению Правительства РФ № 782 структурные подразделения (работники) по гражданской обороне имеют право:

вносить на рассмотрение руководителю организации предложения по совершенствованию планирования и ведения гражданской обороны;

проводить проверки выполнения запланированных мероприятий в области гражданской обороны, выполнения требований руководящих документов и требований норм инженерно-технических мероприятий гражданской обороны при строительстве новых и реконструкции существующих объектов;

привлекать в установленном порядке к работе по подготовке планов, директивных документов и отчетных материалов по гражданской обороне другие структурные подразделения организаций.

Руководители структурных подразделений (работники) по гражданской обороне подчиняются непосредственно руководителям соответствующих организаций и несут персональную ответственность за организацию работы этих подразделений.

На должности работников структурных подразделений (работников) по гражданской обороне назначаются лица, имеющие соответствующую подготовку.

6.3. Пункты управления гражданской обороны[53]

Пункты управления предназначены для обеспечения управленческих функций, возложенных на органы управления в мирное время и в особых условиях. Роль кон-

[53] Хайрутдинов Ш.В. Каф. 81 Каф. 81 «Мобилизационной подготовки»

кретного пункта управления в системе управления определяется его предназначением и значимостью выполняемых с него управленческих задач.

В общем случае в состав пунктов управления входят:

повседневные пункты управления;

запасные пункты управления;

дублеры запасных пунктов управления;

подвижные пункты управления.

Повседневные пункты управления представляют собой комплекс рабочих мест, оборудованных в зданиях и сооружениях мест постоянного размещения органов управления. По решению руководителей органов управления могут создаваться защищенные комплексы повседневных пунктов управления, которые, как правило, размещаются в подвальных помещениях занимаемых ими зданий или в отдельных сооружениях.

Запасные пункты управления включают в себя защищенные и наземные комплексы инженерных сооружений, технических и технологических систем, различного оборудования и имущества с прилегающими территориями и необходимыми запасами материальных средств. Они предназначены для размещения, обеспечения жизнедеятельности и управленческих функций основного состава соответствующего органа управления в особых условиях.

Дублеры запасных пунктов управления могут создаваться по решению руководителей соответствующих органов управления на базе подведомственных (подчиненных) предприятий, организаций и учреждений, органов местного самоуправления, расположенных вне территорий, отнесенных в установленном порядке к группам по гражданской обороне. Их задачей является обеспечение непрерывности и устойчивости управления отраслью (субъектом) в условиях применения противником различных средств поражения.

Подвижные пункты управления оборудуются при необходимости. Они предназначены для повышения устойчивости управления с запасных пунктов управления.

Структура построения пунктов управления в условиях военного времени должна обеспечивать устойчивое управление экономикой и территориями в условиях военного времени и чрезвычайных ситуаций мирного времени.

Для размещения и обеспечения функциональной деятельности федеральных органов государственной власти, организаций Российской Федерации, имеющих мобилизационные задания, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления муниципальных образований в условиях военного и чрезвычайного положения, мобилизации или в военное время создаются запасные пункты управления.

Перечень ЗПУ федеральных органов государственной власти и организаций Российской Федерации и их закрепление за органами государственной власти, государственными учреждениями (передача иным организациям) как имущества государственной казны Российской Федерации для хранения и пользования устанавливаются Правительством Российской Федерации.

Перечень (состав) ЗПУ субъектов Российской Федерации и муниципальных образований устанавливается главой администрации соответствующего субъекта Российской Федерации.

Органы управления предприятий в особых условиях работают, как правило, в местах постоянного размещения на пунктах управления, развертываемых с использо-

ванием защитных сооружений и противорадиационных укрытий ГО, по планам гражданской обороны.

Запасные пункты управления входят в единую сеть пунктов государственного управления и представляют собой единый комплекс наземных зданий, отдельных помещений и защищенных сооружений со средствами связи, с оборудованием автоматизированного управления, оповещения, информационного обеспечения, системами жизнеобеспечения, инженерными коммуникациями и другим имуществом.

Запасные пункты управления и земельные участки, предоставленные на основании государственных актов на право пользования землей для их строительства, являются федеральной собственностью (собственностью субъекта Российской Федерации или муниципальной собственностью) и закрепляются за органами государственной власти, государственными учреждениями или передаются иным организациям как имущество государственной казны Российской Федерации для хранения и пользования.

За одним органом управления может быть закреплено несколько запасных пунктов управления в зависимости от возложенных на него задач и численности размещаемого основного состава органа управления. Возможно совместное размещение на одном запасном пункте управления нескольких органов управления, осуществляющих полномочия в одной сфере деятельности.

Строительство новых ЗПУ осуществляется в соответствии с решениями Правительства Российской Федерации (правительства субъекта Российской Федерации, главы муниципального образования), принимаемыми на основе подготовленных в установленном порядке предложений органов государственной власти, государственных учреждений и организаций.

Реконструкция (модернизация) и техническое перевооружение ЗПУ осуществляются органами государственной власти, государственными учреждениями и организациями за счет государственных капитальных вложений в соответствии с порядком, устанавливаемым Правительством Российской Федерации (правительством субъекта Российской Федерации).

Запасный пункт управления является режимным объектом мобилизационного назначения, для которого органом управления разрабатывается применительно к местным условиям легенда прикрытия. Легенда прикрытия, порядок и способы её внедрения и поддержания, а также комплекс соответствующих организационно-технических мероприятий согласовываются с территориальными органом безопасности и утверждаются руководителем органа управления.

Запасный пункт управления состоит из защищенного и наземного комплексов сооружений с прилегающей, в установленных границах, территорией.

К защищенному комплексу запасного пункта управления относится защитное сооружение с необходимыми техническими и технологическими системами, включая средства узла связи. В его состав также могут входить убежища (противорадиационные укрытия), защищенные емкости для хранения горючего, смазочных материалов и воды.

К наземному комплексу запасного пункта управления относятся объекты инфраструктуры, обеспечивающие его функционирование, в том числе жилые и административный корпуса, столовая, отдельные помещения (гараж, контрольно-пропускной пункт), сооружения (трансформаторная подстанция, котельная, водонапорная башня) и тому подобное.

В мирное время здания, помещения и сооружения наземного комплекса ЗПУ могут использоваться как объекты двойного назначения без расшифровки их истин-

ного предназначения. В период мобилизации и в военное время они используются по прямому назначению в соответствии с планом перевода органа управления на работу в условиях военного времени.

Использование в интересах функционирования ЗПУ зданий, помещений и сооружений, находящихся в собственности других организаций, осуществляется на договорной основе.

Помещения в зданиях и сооружениях ЗПУ подразделяются на служебные, технические, технологические и бытовые.

Служебные помещения предназначены для размещения и обеспечения деятельности основного состава органа управления и персонала ЗПУ при выполнении ими возложенных задач.

Технические и технологические помещения предназначены для размещения комплексов, устройств, оборудования и коммуникаций технических и технологических систем, а также для обеспечения деятельности эксплуатационного персонала ЗПУ.

Бытовые помещения предназначены для содержания запасов материальных средств и обеспечения жизнедеятельности основного состава органа управления и персонала ЗПУ.

Защитное сооружение ЗПУ предназначено для обеспечения комплексной защиты от косвенного воздействия средств поражения вероятного противника, размещаемых в нем основного состава органа управления и персонала ЗПУ, а также технических и технологических систем. В помещениях защитного сооружения ЗПУ оборудуются:

оперативный зал (зал управления);

рабочие места (кабинеты) руководителей органа управления;

рабочие места основного состава органа управления;

рабочее место (дежурный пост) дежурного по ЗПУ;

рабочие места (дежурные посты) эксплуатационного персонала ЗПУ;

бытовые помещения.

Функциональное назначение зданий и отдельных помещений наземного комплекса, предусмотренных для размещения и работы органа управления в период мобилизации и в военное время, определяется планами размещения его основного состава и оперативной группы в ЗПУ, разрабатываемыми в органе управления.

Управление с запасного пункта управления осуществляется:

по распоряжению руководителя органа управления или руководителя вышестоящего органа государственной власти;

по решению руководителя оперативной группы (заместителя руководителя органа управления) при возникновении и уверенном установлении ситуации, когда управление с места постоянного размещения органа управления не осуществляется.

Запасный пункт управления комплектуется персоналом в соответствии со штатным расписанием, разрабатываемым как на мирное, так и на военное время и утверждаемым руководителем органа управления. Персонал ЗПУ включается в состав одного из структурных подразделений органа управления или организаций, находящихся в его ведении.

Для содержания и эксплуатации ЗПУ может создаваться государственное специализированное учреждение, подведомственное данному органу управления.

Штатная численность персонала ЗПУ в мирное время должна обеспечивать установленный повседневный режим функционирования ЗПУ и приведение его в готовность к работе в военное время.

Укомплектование персонала ЗПУ в соответствии со штатной численностью, утверждённой на военное время, производится органом управления в установленном порядке.

Штатная численность персонала ЗПУ на военное время определяется из расчёта организации круглосуточного дежурства на рабочих местах и обеспечения деятельности основного состава и оперативной группы органа управления на ЗПУ.

Обязанности персонала ЗПУ на мирное и военное время определяются должностными инструкциями, которые разрабатываются применительно к требованиям Руководства по организации оперативно-технической службы на пунктах управления (РОТС ПУ-95) и специфике решаемых задач.

На персонал ЗПУ возлагается решение следующих основных задач:

поддержание заданной эксплуатационной готовности к применению систем, средств и оборудования ЗПУ;

перевод систем, средств и оборудования в установленные режимы функционирования ЗПУ;

оперативно-техническое обеспечение деятельности оперативной группы и основного состава органа управления на ЗПУ в период мобилизации и в военное время;

восстановление оперативно-технической готовности ЗПУ при авариях и отказе отдельных систем, средств и оборудования.

Для запасного пункта управления устанавливаются два режима функционирования: повседневный и оперативный.

Повседневный режим функционирования ЗПУ устанавливается на период мирного времени. Обеспечение функционирования ЗПУ в повседневном режиме осуществляется в соответствии с методическими указаниями ГУСП.

При нарастании угрозы агрессии против Российской Федерации до объявления мобилизации в Российской Федерации осуществляется комплекс заранее запланированных мероприятий по подготовке ЗПУ к работе в военное время. С объявлением мобилизации и введением степени готовности «Повышенная» (либо более высоких степеней готовности, если предыдущие не вводились) ЗПУ переводится в оперативный режим функционирования.

Перечень мероприятий, выполняемых при подготовке ЗПУ к работе в военное время и при приведении его в готовность к работе в военное время, определяется планом приведения ЗПУ в готовность к работе в военное время, который разрабатывается исходя из задач, решаемых органом управления, и с учётом рекомендаций ГУСП.

В целях обеспечения функционирования ЗПУ разрабатываются документы, и выполняется комплекс мероприятий, в соответствии с методическими рекомендациями ГУСП.

На запасном пункте управления для выполнения возложенных на него задач орган управления обеспечивается услугами сети связи специального назначения (правительственной связи и иных видов специальной связи), сети связи общего пользования, сетей почтовой и федеральной фельдъегерской связи, а при необходимости – выделенных и технологических сетей связи.

Обеспечение услугами связи осуществляется:

в сети связи специального назначения – соответствующими территориальными подразделениями Службы специальной связи и информации Федеральной службы охраны Российской Федерации;

в сети связи общего пользования – соответствующими операторами сетей связи общего пользования (открытое акционерное общество междугородной и международной электрической связи «Ростелеком» и открытое акционерное общество «Инвестиционная компания связи»);

в сети почтовой связи – федеральным государственным унитарным предприятием «Почта России»;

в сети федеральной фельдъегерской связи – соответствующими органами Государственной фельдъегерской службы Российской Федерации.

Обеспечение правительственной связью и иными видами специальной связи на ЗПУ осуществляется в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Предоставление в необходимых объёмах ресурса сети связи общего пользования, в том числе на постоянной основе, а также обеспечение почтовой и фельдъегерской связью осуществляется в порядке, определённом законодательством Российской Федерации, и на договорной основе.

6.4. Организация связи гражданской обороны[54]

Система связи ГО строится в соответствии с принятым построением системы управления гражданской обороны Российской Федерации по территориальному принципу с учетом геостратегического деления страны, разграничения ответственности по уровням управления ГО, расположения органов управления и сил ГО. Она создается заблаговременно и должна обеспечивать управление органами управления МЧС России в различных режимах функционирования ГО мирного и военного времени. Каждый уровень управления ГО (федеральный, межрегиональный, региональный) создает собственную систему связи, которая полностью развертывается при переводе гражданской обороны с мирного положения на военное.

Заблаговременная подготовка системы, подразделений связи МЧС России включает: планирование, организацию и осуществление мероприятий по обеспечению готовности системы и подразделений связи; разработку документов по управлению системой и подразделениями связи; создание и развитие системы связи, строительство узлов (центров) связи различного назначения и линий связи привязки к ним, ретрансляционных пунктов, организацию их эксплуатации; организацию взаимодействия с территориальными органами других министерств и ведомств Российской Федерации по вопросам взаимного использования средств связи и автоматизации управления, а также территориальными предприятиями ЕСЭ РФ по выделению дополнительных каналов (потоков, средств) связи сети связи ЕСЭ РФ; оборудование в отношении связи районов предполагаемого развертывания пунктов управления и действий спасательных воинских, аварийно-спасательных и поисково-спасательных формирований МЧС России, подразделений ФПС, ГИМС, ВГСЧ; проведение систематических тренировок по связи в органах управления в т.ч РСЧС, тренировок подразделений связи спасательных воинских, аварийно-спасательных и поисково-спасательных формирований МЧС России, органов управления, подразделений ФПС, ГИМС, ВГСЧ по развертыванию мобильной компоненты системы связи, участие в тренировках по приему дополнительных каналов (средств) из ЕСЭ РФ; участие органов, пунктов управления в совместных командно-штабных учениях и тренировках по обеспечению

[54] Папков С.В. Каф. 35 «Инфокоммуникационных технологий и систем связи»

связи в ЧС; организацию и ведение подготовки органов управления и личного состава подразделений связи с учетом возможных условий проведения АСДНР в районах ЧС; организацию эффективного технического обеспечения связи, автоматизации управления и оповещения; создание, хранение и эшелонирование запасов техники связи и автоматизации управления.

Непосредственная подготовка системы, подразделений связи включает: оповещение органов управления, спасательных воинских, аварийно-спасательных и поисково-спасательных формирований МЧС России, подразделений ФПС, ГИМС, ВГСЧ о приведении в высшие степени готовности к применению по предназначению; проведение мероприятий, предусмотренных планами (графиками) перевода в различные степени готовности ГО; уточнение планирующих документов по связи и задач подчиненным подразделениям связи; выдвижение сил и средств связи в районы (на направления) развертывания узлов (линий) связи; развертывание мобильной компоненты системы связи в соответствии с планами предстоящих действий и оперативной обстановкой.

Все мероприятия по подготовке системы и подразделений связи МЧС России (при необходимости) должны проводиться скрытно с соблюдением необходимых мер оперативной маскировки.

Для обеспечения управления органами управления МЧС России, спасательными воинскими формированиями, силами ГО, РСЧС создается система связи МЧС России, которая является составным элементом государственной инфраструктуры страны, базируется на каналах ЕСЭ РФ, сетях связи взаимодействующих министерств и ведомств и представляет собой совокупность взаимоувязанных стационарных, подвижных (мобильных) узлов связи пунктов управления МЧС России, систем связи РЦ, управлений по делам ГОЧС субъектов РФ, муниципальных образований, системы связи ГПС, ГИМС, ВГСЧ и спасательных воинских формирований.

Общее руководство системой связи МЧС России осуществляет заместитель Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, отвечающий за организацию оперативного управления в системе МЧС России.

Непосредственное руководство системой связи МЧС России осуществляет начальник связи МЧС России.

Ответственность за связь возлагается на соответствующих заместителей начальников (руководителей, командиров), осуществляющих руководство организацией и обеспечением функционирования системы управления.

Ответственность за связь возлагается на заместителей начальников (руководителей, командиров), осуществляющих руководство организацией оперативного управления и развитием системы управления.

Центральным органом управления МЧС России по руководству организацией связи и поддержанием в постоянной готовности системы связи, технических систем автоматизированного управления и оповещения является соответствующее структурное подразделение центрального аппарата МЧС России. Возглавляет и организует деятельность центрального органа управления связью начальник связи МЧС России.

Органом управления межрегионального уровня по руководству организацией связи и поддержанием в постоянной готовности системы связи, технических систем автоматизированного управления и оповещения является соответствующее структурное подразделение регионального центра по делам гражданской обороны, чрезвычай-

ным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий МЧС России (далее - региональный центр).

Возглавляет и организует деятельность органа управления связью начальник связи регионального центра.

Органом управления регионального уровня по руководству организацией связи и поддержанием в готовности системы связи и технических систем автоматизированного управления и оповещения является соответствующее структурное подразделение главного управления МЧС России по субъекту Российской Федерации (далее – ГУ МЧС России).

Возглавляет и организует его деятельность начальник связи ГУ МЧС России.

Деятельность органов управления связью регламентируется соответствующими положениями о структурных подразделениях центрального аппарата МЧС России и о территориальных органах МЧС России, утвержденными в установленном порядке.

Непосредственным организатором связи является начальник связи органа управления МЧС России (учреждения, спасательного воинского, аварийно-спасательного и поисково-спасательного формирований МЧС России, ФПС, ГИМС, ВГСЧ). Он отвечает за своевременную организацию и обеспечение связи, техническую эксплуатацию и устойчивую работу средств связи, оповещения, автоматизации управления.

Начальники служб органов управления МЧС России, аварийно-спасательного и поисково-спасательного формирований, ГПС, ГИМС, ВГСЧ, начальники и командиры спасательных воинских формирований несут ответственность за правильное использование предоставленной им связи, а также за связь, организуемую своими распоряжениями.

Непосредственными организаторами связи являются начальники связи всех уровней управления. Они отвечают за своевременную организацию и устойчивую работу систем связи технических комплексов и средств автоматизации и оповещения.

Задачи начальнику связи и АСУ ставит начальник органа управления МЧС России, который в указаниях на организацию управления определяет: место и время развертывания пунктов управления (в том числе подчиненных, взаимодействующих и приданных сил), порядок их развертывания; с кем, в какой очередности должна быть установлена связь; порядок использования средств связи (своих, средств связи ведомств, входящих в группировку сил ГО, порядок восстановления нарушенного управления и применения резерва сил и средств связи органа управления МЧС России, функциональной подсистемы связи и оповещения и средств связи взаимодействующих органов управления.

Связь организуется в соответствии с решением начальника (руководителя, командира) на организацию управления, указаниями заместителя начальника (руководителя, командира) по организации управления и связи, распоряжением по связи вышестоящего органа управления, наличия и состояния сил и средств связи. При организации связи должны учитываться: состояние системы связи общего пользования, ведомственных сетей связи в границах региона (субъекта Российской Федерации, в районах действия спасательных воинских, аварийно-спасательных и поисково-спасательных формирований МЧС России, ФПС, ГИМС, ВГСЧ); физико-географические условия; время на развертывание системы связи; возможное воздействие ЧС природного, техногенного характера, а в военное время противника на систему связи.

Организация связи – это комплекс мероприятий, направленный на построение (развертывание) и совершенствование системы связи и обеспечение ее функционирования с требуемым качеством.

Организация связи включает: принятие решения, планирование связи, постановку задач по связи; организацию взаимодействия подразделений связи МЧС России и других министерств и ведомств, в том числе и входящих в состав группировки сил ГО, всестороннего обеспечения и управление связью.

При организации связи определяются: с кем, к какому времени, какие виды связи должны быть установлены; структура системы (сети) связи; распределение сил и средств связи по задачам и информационным направлениям; состав резерва сил и средств связи; задачи узлам, подразделениям и формированиям связи; порядок взаимодействия между узлами, подразделениями связи и формированиями различных звеньев управления МЧС России и взаимодействующих министерств, ведомств и сил, принимающих участие в ликвидации ЧС; режимы работы средств связи; порядок и мероприятия всестороннего обеспечения системы, узлов и подразделений связи; организация управления связью и другие вопросы, решение которых требуется для обеспечения связи.

С переводом в высшие степени готовности ГО осуществляется усиление и наращивание системы связи МЧС России, а также комплекс других мероприятий, предусмотренных соответствующими планами.

Ответственность за связь с подчиненными органами управления и силами возлагается на вышестоящий орган управления МЧС России. При потере связи вышестоящий и подчиненный органы управления ГО обязаны принять меры для немедленного ее восстановления.

Связь между взаимодействующими органами управления МЧС России устанавливается по указанию органа управления, организующего взаимодействие. Для организации взаимодействия органы управления, включенные в группировку сил ГО (РСЧС), разрабатывают планы взаимодействия, в которых отображаются вопросы взаимодействия, установления связи, сигналы управления и оповещения, порядок восстановления связи в случае ее потери. В случаях взаимодействия, не предусмотренных заранее, организация связи обеспечивается путем направления оперативных групп со средствами связи по взаимному согласованию.

При организации и обеспечении связи должны строго выполняться требования безопасности связи и информации, а также проводиться мероприятия по противодействию техническим средствам разведки, защите системы и подразделений связи от средств поражения противника, радиационной, химической и биологической защите, инженерному, топогеодезическому, навигационному обеспечению, а также мероприятия морально-психологического, технического и тылового обеспечения, а в случаях ликвидации аварий природного и техногенного характера их поражающих факторов.

Для организации связи в органах управления МЧС России применяются средства радио-, радиорелейной, спутниковой и проводной связи, а также подвижные и сигнальные средства связи.

Виды связи и их количество на каждом информационном направлении определяются потребностью системы управления, объемом и срочностью передаваемых сообщений, требуемой оперативностью ведения переговоров и наличием соответствующих оконечных устройств связи (абонентских терминалов).

Радиосредства применяются для организации линий прямой связи между пунктами управления, с объектами управления, находящимися в движении или в труднодоступном районе, в зоне поражения, заражения, затопления в качестве резервного или основного средства передачи (приема) всех видов сообщений, а также линий радиодоступа к сетям связи общего пользования и составлять основу радиосетей управления АСДНР в зонах ЧС. В отсутствии средств спутниковой связи радиосредства могут быть единственными средствами связи с органами и объектами управления.

Радиосвязь организуется, как правило, в радиосетях и радионаправлениях.

Режим работы и порядок использования излучающих средств связи определяются начальником органа управления МЧС России исходя из обстановки, решаемых задач, указаний и решений вышестоящих органов управления МЧС России и распоряжений по связи начальника штаба военного округа, (объединенного стратегического командования, группировки сил, объединения).

Режимами работы излучающих средств связи могут быть: полное запрещение работы на излучение (радиомолчание); частичное запрещение работы на излучение с учетом выполняемых задач, диапазонов частот и мощности излучения; разрешение работы всех средств связи на излучение без ограничений при выполнении правил управления радиочастотным спектром и обеспечении электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

Радиорелейные, проводные средства связи применяются для строительства (развертывания) линий привязки. Для развертывания отдельных направлений связи и линий прямой связи между пунктами управления применяются, как правило, малоканальные радиорелейные средства связи, цифровые радиорелейные средства связи, средства широкополосного радиодоступа.

Средства спутниковой связи применяются для обеспечения обмена всеми видами сообщений практически на неограниченную дальность, как со стационарными, так и с подвижными пунктами и объектами управления и связи преимущественно на линиях прямой связи между ними.

Спутниковая связь в системе связи МЧС России предназначена для решения задач обеспечения телефонной, видеоконференцсвязи и передачи данных оперативным группам (ОГ), находящимся в районе ЧС, в том числе в районах со слаборазвитой сетью связи общего пользования или в условиях ее полного разрушения.

Проводная связь составляет основу системы связи МЧС России на всех уровнях управления и базируется на арендованных каналах связи ЕСЭ РФ.

Проводные средства связи могут применяться самостоятельно или в сочетании с радио, радиорелейными и спутниковыми средствами при расположении органов управления и сил пунктах постоянной дислокации, в районе ЧС, а также для обеспечения внутренней связи на пунктах управления.

Для обеспечения связи в системе связи МЧС России в режиме повседневной деятельности и при ликвидации ЧС, в угрожаемый период во всех звеньях управления МЧС России применяется сотовая и транкинговая связь, которые обеспечивают подвижные и стационарные объекты телефонной связью и передачей данных, что значительно расширяет возможности подвижных объектов, появляется возможность принимать телексные и факсимильные сообщения, различного рода графическую информацию и др.

Видеоконференцсвязь – организуется для обеспечения проведения селекторных совещаний. В частных случаях система видеоконференцсвязи может применяться для проведения телемостов и видеотелефонных соединений, в том числе с места ЧС.

Система видеоконференцсвязи обеспечивает включение в конференции терминалов, подключенных к ведомственной цифровой сети связи с интеграцией услуг.

В отдельных случаях к системе видеоконференцсвязи могут временно (на период проведения конкретной конференции) подключаться терминалы подключенные к сети Интернет или ведомственным (частным) сетям сторонних ведомств (организаций). Каждое такое подключение оформляется отдельным решением начальника связи МЧС России, начальника связи РЦ, ГУ МЧС России (в виде утвержденной схемы подключения к ВКС), включающее в себя технические вопросы и вопросы безопасности информации).

Система видеоконференцсвязи имеет общий с системой ведомственной цифровой телефонной сети план нумерации и обеспечивает соединение видеоабонентов с абонентами ведомственной цифровой телефонной сети.

Для обеспечения определения местоположения подвижных объектов по сетям связи МЧС России используется информационно-навигационная система МЧС России.

Информационно-навигационная система МЧС России состоит из комплектов связного и навигационного оборудования, использующих в своем составе навигационную аппаратуру потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS. Средствами навигации оснащаются транспортные средства МЧС России.

Информационно-навигационная система МЧС России обеспечивает: контроль за местоположением подвижного объекта или группами подвижных объектов; радиосвязь между диспетчерскими пунктами и подвижными объектами; выход подвижных объектов через оператора базовой станции на ведомственную сеть связи МЧС России; мониторинг транспортных средств МЧС России с использованием технологий ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS.

Подвижные средства связи применяются для обеспечения фельдъегерско-почтовой связи.

Сигнальные средства связи применяются для передачи коротких команд и донесений с помощью заранее установленных зрительных и звуковых сигналов.

Для обеспечения связи на основных информационных направлениях различные средства связи используются комплексно с применением, при необходимости, шифровальной аппаратуры связи.

В период подготовки и развертывания группировки сил МЧС России для обеспечения связи используются стационарная система связи, усиливаемая дополнительно развертываемыми каналами из связи сети связи общего пользования Единой сети электросвязи РФ (далее ЕСЭ РФ) и каналами связи других министерств и ведомств, входящих в ГО.

В ходе проведения АСДНР и выполнении других задач группировкой сил МЧС России развертывается мобильная компонента системы связи на базе подвижных узлов связи:

по каналам, образованным различными средствами связи мобильных узлов связи;

по каналам связи, образованным путем привязки к узлам связи ЕСЭ РФ и узлам, системам связи других министерств и ведомств, входящих в РСЧС.

Начальники региональных центров (РЦ), главных управлений МЧС России по субъектам РФ, командиры и начальники спасательных воинских, аварийно-

спасательных и поисково-спасательных формирований МЧС России, ФПС, ГИМС, ВГСЧ в любых условиях обстановки должны иметь качественную связь со своими органами управления (штабами), с вышестоящими начальниками (командирами) и взаимодействующими органами управления, службами и силами других министерств и ведомств. Они обязаны уметь лично вести переговоры с использованием технических средств связи и пользоваться штатными и выделенными им средствами автоматизации управления.

Система связи МЧС России выполняет задачи по обеспечению обмена всеми видами информации в системе управления, а также доведения сигналов оповещения до органов управления и населения.

Система связи Федерального звена управления создается на основе сил и средств связи МЧС России, взаимодействующих министерств и ведомств и включает в свой состав: телекоммуникационные центры (узлы связи) пунктов управления (НЦУКС) МЧС России, радиоцентры и соединяющие их линии связи и линии привязки к узлам и объектам связи Единой сети электросвязи России и сетям связи взаимодействующих министерств и ведомств.

Система связи Межрегионального звена управления создается в интересах обеспечения управления группировкой сил ГО, РСЧС, ВГСЧ, ГПС и ГИМС Федерального округа (региона), взаимодействия с органами Федеральной исполнительной власти Федеральных округов, органами управления округов ВС РФ, МВД, ФПС и других министерств и ведомств. Основу системы связи РЦ составляют узлы связи пунктов управления (ЦУКС) РЦ, ГУ МЧС России по субъектам РФ, взаимодействующих министерств и ведомств, соединяющие их линии связи и линии привязки к узлам связи Единой сети электросвязи и другим министерствам и ведомствам.

Система связи региональной подсистемы ГО (РСЧС) создается в интересах обеспечения управления территориальным органам управления ГО (РСЧС). Система связи создается на базе узлов связи пунктов управления (ЦУКС ГУ МЧС Росси по субъекту РФ), линий привязки к узлам связи Единой сети электросвязи, линий и каналов связи, выделяемых органам управления ГО (РСЧС) из сети связи общего пользования ЕСЭ РФ, линий, каналов и средств связи, выделяемых в распоряжение органов управления ГОЧС взаимодействующими министерствами, ведомствами и службами. Для обеспечения связи от узлов связи пунктов управления используются силы и средства связи формирований территориальной подсистемы связи и оповещения, а также средства связи частей и подразделений, выделяемых для проведения аварийно-спасательных работ в районах ЧС.

Система связи обычно включает: телекоммуникационные центры (узлы узлы связи пунктов управления); линии прямой связи между узлами связи пунктов управления; линии привязки, элементы сети фельдъегерско-почтовой связи; систему управления связью; систему технического обеспечения связи и АСУ; резерв сил и средств связи (резерв связи).

6.5. Система оповещения населения[55]

Приоритетной задачей гражданской обороны является задача оперативного оповещения соответствующих органов управления, должностных лиц ГО и населения

[55] Носов М.В. Каф. 35 «Инфокоммуникационных технологий и систем связи»

об угрозе возникновения и возникновении чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Для решения этой задачи в РФ созданы следующие системы оповещения.

На федеральном уровне – федеральная система оповещения (на территории РФ).

На межрегиональном уровне – межрегиональная система оповещения (на территории федерального округа).

На региональном уровне – региональная система оповещения (на территории субъекта РФ).

На муниципальном уровне - местная система оповещения (на территории муниципального образования).

На объектовом уровне – локальная система оповещения (ЛСО) в районе размещения потенциально опасного объекта. На других объектах создаются объектовые системы оповещения, обеспечивающие доведение сигналов и информации оповещения до руководителей, персонала и объектовых сил ГО и РСЧС.

Системы оповещения всех уровней должны быть технически сопряжены.

Системы оповещения должны обеспечивать как централизованное, так и децентрализованное оповещение населения.

Основные задачи федеральной и межрегиональной системы оповещения:

федеральной – доведение информации и сигналов оповещения до федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, региональных центров ГОЧС и ГУ МЧС России по субъектам РФ;

межрегиональной – обеспечение доведения сигналов и информации до органов исполнительной власти субъектов РФ, ГУ МЧС России по субъектам РФ.

Оповещение организуется во всех звеньях управления с целью своевременного приведения в готовность системы ГО, предупреждения органов управления, сил ГО и населения об угрозе нападения противника, о радиоактивном, химическом и бактериологическом заражении, об угрозе катастрофического затопления, о стихийных бедствиях.

Задачи по организации оповещения и информирования населения решают региональные, местные и объектовые системы оповещения.

Основными задачами региональных систем оповещения являются:

оповещение и информирование сил ГО субъекта РФ и население при угрозе возникновения и возникновении ЧС;

управление местными и объектовыми подсистемами оповещения;

трансляция сигналов и информация оповещения, полученных от региональных и федеральных подсистем;

взаимодействие с электронными средствами массовой информации;

сбор, анализ и документирование результатов оповещения (информирования).

Основные задачи муниципальных систем оповещения;

оповещение и информирование сил ГО городов и районов и населения при угрозе возникновения и возникновения ЧС;

управление объектовыми системами оповещения;

трансляция сигнала и информации оповещения, полученных от территориальных и межрегиональных подсистем оповещения;

взаимодействие с электронными средствами массовой информации;

сбор, анализ и документирование результатов оповещения (информирования).

Основные задачи объектовых систем оповещения:

Оповещение и информирование сил ГО объектов экономики и организации, их персонала и населения, входящего в зону действия и объектового звена оповещения при угрозе возникновения и возникновения ЧС;

управление техническими средствами оповещения;

трансляция сигнала и информации оповещения, полученных от региональных и местных подсистем оповещения;

взаимодействие с электронными средствами массовой информации объектов экономики и организаций;

сбор, анализ и документирование результатов оповещения (информирования).

Оперативные дежурные службы любого звена оповещения должны иметь возможность оповещать объекты (организации) и населения находящиеся в зоне ответственности этих дежурных служб. В случае выхода из строя СОН промежуточного или нижнего уровня, дежурная служба более высокого уровня должна иметь возможность организовать оповещение на две ступени ниже своего уровня.

Для сокращения сроков прохождения информации по уровням оповещения применяется автоматизация процессов оповещения путем применения специальной аппаратуры.

В каждом уровне оповещения должно быть предусмотрено сопряжение с информационными системами организаций и учреждений, которые являются источникам информации об угрозе возникновения или факте возникновения ЧС.

Источниками сообщений для принятия решения на задействование СОН при возникновении ЧС мирного и военного времени являются учреждения и воинские организации, дислоцированные на данной территории и осуществляющие постоянный контроль за состоянием окружающей среды, водных акваторий и воздушной обстановкой.

Информация о ЧС военного характера поступает от воинских частей ПВО.

Между этими организациями и оперативно дежурными службами органов управления ГО и ЧС организуются прямые информационные направления.

Задействование СОН для оповещения подчиненных органов управления, должностных лиц и сил ГО и ЧС, а также порядок доведения условных сигналов на каждом уровне оповещения определяется соответствующим органом управления ГО.

В качестве технических средств для доведения условных сигналов до органов управления и должностных лиц используются элементы специальной аппаратуры оповещения, служебные и квартирные, сотовые телефоны должностных лиц.

Решение на задействование СОН для оповещения населения принимает соответствующий руководитель ГО. Тексты речевых сообщений для оповещения населения записываются заранее на магнитные носители, которые хранятся на рабочих местах оперативно дежурной службы органов управления ГО.

В чрезвычайных не терпевших отлагательства случаях, допускается экстренная передача речевых сообщений для населения оперативно дежурной службой соответствующего органа управления ГО.

Для доведения до населения команды «ВНИМАНИЕ ВСЕМ!» используются звуковые сигналы наружных электросирен централизованного и местного запуска. Речевые сообщения населению передаются по сетям проводного, радио и телевизионного вещания.

Оповещение населения, находящегося в транспортных средствах, обеспечивается по системам технологической связи и оповещения соответствующего транспортного ведомства.

В военное время организация оповещения определяется в соответствии со степенями готовности ГО.

При этом сигналы (распоряжения) по ГО должны передаваться вне всякой очереди циркулярно и (или) выборочно с городских и загородных пунктов управления ГО, а также по телеграфным каналам при использовании соответствующих паролей.

Оповещение и информирование населения о воздушной опасности, радиоактивном, химическом и биологическом заражении осуществляется оперативной дежурной сменой органов управления ГО в соответствии с решением руководителя гражданской обороны субъекта Российской Федерации (городского или сельского муниципального образования) по автоматизированной системе централизованного оповещения с помощью дистанционно управляемых электросирен, сигнально – громкоговорящих установок, световых табло (предупредительный сигнал «Внимание всем!»), а также с использованием действующих сетей проводного вещания, радиовещания и телевидения независимо от ведомственной принадлежности и форм собственности.

Основным документом, определяющим управление оповещением, является план оповещения.

Планирование оповещения выполняется во всех звеньях управления ГОЧС и силах гражданской обороны.

Основным документом, отрабатываемым при организации оповещения является план оповещения.

План оповещения включает следующие документы:

карту территории регионального центра субъекта Российской Федерации, города, городского (сельского) региона, или план потенциально опасного объекта экономики;

схему организации оповещения;

пояснительную записку.

На карте (плане) отражается оперативно тактическая обстановка по гражданской обороне с указанием потенциально опасных объектов и зон их действия, направлений оповещения и площадей охвата оповещением. Кроме того, на карте в виде таблиц показывается тип, количество аппаратуры и средств оповещения задействованных в системе оповещения, процент оповещаемого население по городам, регионам, объектам экономики, необходимое время задействование системы оповещения по направлениям и в целом на подведомственной территории, время оповещения населения днем, ночью, в рабочие и выходные (праздничные) дни, и другие необходимые сведения.

На схеме организации оповещения отображаются организационно-техническое построение системы оповещения, территории, объекта экономики, аппаратура и средства оповещения, городские и районные узлы связи и АТС, каналы и линии связи, обеспечивающие функционирование этой системы.

В пояснительной записке определяются:

порядок доведения сигналов оповещения до населенных пунктов, не располагающих техническими средствами приема сигналов оповещения;

мероприятия по повышению живучести систем оповещения;

резерв сил и средств оповещения и порядок их использования.

Планы оповещения подписываются соответствующими руководителями органов управления ГОЧС и утверждаются руководителями гражданской обороны, которым подчиняются данные органы управления ГОЧС или объекты и организации гражданской обороны.

6.6. Автоматизация процессов управления[56]

Сущность и основные понятия автоматизации организационного управления

Суть проблем автоматизации организационного управления заключается в:

определении и выборе показателей эффективности организационного управления и способов их измерения (проблемы теории);

умении решать задачу многокритериальной оптимизации;

выборе типа, числа средств автоматизации, их функций, распределении этих средств между сотрудниками органа управления, выполняемыми ими функциями, фазами цикла управления (проблемы проектирования);

эффективном использовании сотрудниками средств автоматизации при решении проблем, возникающих в ходе управления подведомственными оргсистемами, т.е. обеспечение соответствующего устойчивого, непрерывного, гибкого и при прочих равных условиях дешевого управления (проблемы эксплуатации).

Основные способы автоматизации при применения информационных технологий (ИТ) в организационном управлении

Можно определить три различных способа применения ИТ в организационном управлении, определяющих уровень автоматизации деятельности органов управления.

При первом из них применяется для выполнения отдельных видов работ, например, для подготовки текстовых или графических документов, выполнения специальных вычислений при подготовке данных, необходимых для принятия решения, и т.п. При этом используются программные средства общего применения (типа текстового редактора), либо относительно простые прикладные расчетные программы, специально разработанные по заказу органа управления. Этот способ самый простой и дешевый, он дает скорейший эффект, освобождая персонал от выполнения рутинных операций и сокращая время, необходимое на подготовку расчетных данных для принятия решений.

Второй способ связан с внедрением в систему управления автономных информационно-справочных и расчетных программных комплексов. Автономность в данном случае означает, что эти программные средства работают независимо друг от друга и не связаны между собою по используемым данным. Как правило, такие системы обеспечивают автоматизированную поддержку отдельных фрагментов процесса управления и достаточно сложны с точки зрения их разработки, тем не менее в общем процессе управления они играют вспомогательную роль. Этот способ более дорогой в сравнении с первым и требует несколько большего времени на реализацию, однако также позволяет достаточно быстро получить эффект от внедрения ИТ за счет сокращения трудозатрат на хранение и поиск необходимой информации, а также на выполнение некоторых расчетов.

Указанные два способа позволяют улучшить существующую систему управления, обеспечивая автоматизированное выполнение некоторых процедур (или групп взаимосвязанных процедур) обработки информации в процессе управления. При этом первый способ позволяет отодвинуть первый информационный барьер, второй способ — отодвинуть второй информационный барьер. Однако они не меняют систему управления в целом, сохраняя прежние методы работы, формы используемых документов и информационные потоки.

[56] Машинцов Е.А. Каф. 36 «Автоматизированных систем управления», Марюха В.П., Каф. 31 «Информационных систем и технологий»

Третий способ связан с принципиальным изменением существующей структуры управления путем внедрения автоматизированных систем (АС) — специально разрабатываемой человеко-машинной системы на базе систем искусственного интеллекта, предназначенной для эффективного выполнения управленческих функций на основе комплексной автоматизации технологических процессов сбора, хранения, обработки и передачи данных. Разработка АС требует гораздо больших усилий со стороны персонала органа управления и несравненно более высокой квалификации разработчиков, чем при других способах применения.

Необходимо иметь в виду, что все три способа использования ИТ в деятельности органов управления ГО не только возможны, но каждый по-своему, в своих конкретных условиях, целесообразен. Не следует любые работы, связанные с внедрением ЭВМ, сразу же объявлять разработкой АС: это может дезориентировать персонал системы управления и разработчиков, а также привести к неоправданным затратам времени и средств.

Основные принципы автоматизации организационного управления ГО

Основные принципы автоматизации организационного управления:

системности;

первого лица;

сжатия информации;

поэтапного функционально осмысленного создания с наибольшим приростом эффективности на каждом этапе;

дружелюбного диалога человека и ИТ;

однократного ввода информации с ведома наиболее компетентного в ней лица;

открытости программно-технических средств;

квитирования командной информации;

Принцип системности. Объект автоматизации есть система, т.е. объект, обладающий свойством целостности, имеющий структуру, функционирующий в окружающей среде, имеющий цели и задачи. Целостность означает наличие некоторых интегральных свойств, не выводимых из свойств составляющих систему элементов и несводимых к простой сумме свойств элементов. Взаимодействие объекта с окружающей средой в лучшем случае есть игра с природой, когда окружающая среда противится функционированию данного объекта, но не как разумное существо; в худшем случае имеет место разумное противодействие. Наличие внутренних сил, сплачивающих и укрепляющих объект как систему, и сил, разваливающих ее.

Принцип первого лица. Все конфликты при создании и эксплуатации АС должны решаться в пользу первого лица, а при этом условии по возможности в пользу второго лица и т.д.

Принцип сжатия информации. При движении данных снизу-вверх (от исполнителей к первому лицу в органе управления) должна производиться агрегация данных так, чтобы не было искажений и обеспечивался объем информации для анализа очередного вышестоящего администратора, не превышающий порога сложности, свойственного данному должностному лицу. Число интегральных показателей, оценивающих качество стратегических решений и решений оперативных на высшем уровне управления не должно превышать 6 - 8.

Принцип поэтапного функционально осмысленного создания. Ввод в эксплуатацию АС должен осуществляться поэтапно, так чтобы на одном этапе обеспечивалась поддержка решений одной - двух управленческих задач, сулящих наибольший

прирост эффективности организационного управления, или автоматизации какой-то одной функции органа управления или небольшой группы родственных функций органа управления, автоматизация которых имеет смысл в отрыве от остальных функций и способна дать наибольший возможный прирост эффективности управления.

Дружелюбного диалога человека и ИТ. Автоматизация имеет целью создание человеко-машинной системы с использованием диалога между ЭВМ и пользователями на языке деловой прозы, принятом в данной предметной области, подсказок, обеспечивающих отсутствие тупиковых ситуаций, в которых пользователь не знает, какие действия с ЭВМ следует предпринять, чтобы выйти из тупика.

Принцип однократного ввода информации. Данные в АС вводятся один раз по мере их поступления и с ведома наиболее компетентного в ней должностного лица органа управления. Недопустим ввод одних и тех же данных в разных подразделениях без согласования способа их представления в АС и без ведома должностных лиц именно органа управления, т. е. нельзя разрешать ввод данных сотрудникам, ответственным за эксплуатацию технических и других средств АС, не согласовав эту операцию с одним из специально назначенных сотрудников аппарата. В соответствии с этим принципом приказами, распоряжениями первого лица в органе управления устанавливаются:

а) табель ответственности должностных лиц организации за ввод в информационные телекоммуникационные сети (ИТКС) данных определенного вида (категории);

б) табель срочности донесений, устанавливающий регламент обновления данных каждой категории;

в) порядок ввода в ИТКС незамедлительных донесений о чрезвычайных ситуациях и прохождения их по инстанциям;

г) порядок корректировки данных при обнаружении в них ошибок.

Принцип открытости программно-технических средств - признание этапа развития АС и такая их разработка, чтобы на этом этапе внедрение новых программно-технических средств не требовало переделки уже принятых в эксплуатацию.

Принцип квитирования командной информации - организация средствами телекоммуникации АС обязательного подтверждения корреспондентом факта получения команды (приказа, распоряжения и т.д.) на исполнение.

Соблюдение указанных принципов еще не означает успеха автоматизации. Однако нарушение любого из них либо заметно снижает потенциальные возможности АС, либо приводит к провалу автоматизации.

Свойства и характеристики автоматизированных систем

Свойство - сторона предмета, обусловливающая его различие или сходство с другими предметами и проявляющаяся во взаимодействии с ними. Выделение свойств автоматизированных систем связано с необходимостью оценивания как отдельной системы, так и сравнения нескольких различных систем. Каждое свойство оценивается определенным показателем, принимающим количественное или качественное значение.

В числе основных свойств АС следует назвать: эффективность; совместимость; адаптивность; надежность; живучесть.

Эффективность АС - свойство системы, характеризуемое степенью достижения целей, поставленных при ее создании. Эффективность выражается числовыми показателями эффективности. К видам эффективности относят экономическую, техническую, социальную и др.

Совместимость АС - комплексное свойство двух или более систем, характеризуемое их способностью взаимодействовать при функционировании. Выделяют техническую, программную, информационную, организационную совместимость.

Техническая совместимость АС - характеризуется возможностью взаимодействия технических средств этих систем.

Программная совместимость - характеризуется возможностью работы программ одной системы в другой системе и обмена программами при взаимодействии АС.

Информационная совместимость - характеризуется возможностью использования в системах одних и тех же данных и обмена данными между ними.

Организационная совместимость - характеризуется согласованностью правил действия их персонала, регламентирующих взаимодействие этих АС.

Адаптивность АС - способность системы изменяться для сохранения своих эксплуатационных показателей в заданных пределах при изменениях внешней среды.

Надежность АС - комплексное свойство АС сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность АС выполнять свои функции в заданных режимах и условиях эксплуатации.

Живучесть АС - свойство выполнять установленный объем функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах.

Следует подробнее остановиться на вопросах оценивания эффективности АС. Эффективность системы связана с обеспечением возможности качественного выполнения установленных функций с наименьшими затратами. Оценивается эффективность с помощью критериев эффективности, т.е. измеряемых количественно показателей, характеризующих функционирование системы.

Говоря об эффективности АС, необходимо:

определить источники повышения эффективности управления (а именно для этого создается АС);

определить критерии эффективности (вообще говоря, их может быть несколько) и способы их измерения;

определить способ измерения общей эффективности функционирования АС.

Так, например, в качестве возможных источников эффективности автоматизации управления действиями по предупреждению и ликвидации ЧС можно назвать следующие на основе:

освобождение должностных лиц управления от рутинной технической работы с бумажными документами;

увеличение достоверности и полноты используемых данных, упорядочивания потоков и многократности использования первичной информации;

рост оперативности решения управленческих задач, сокращения времени на поиск, обработку, передачу и выдачу информации для принятия решений;

улучшение качества принимаемых решений и планов на основе использования количественных методов их оценки, много вариантности и оптимизации выбора рационального варианта.

В то же время эффективность функционирования автоматизированных систем управления действиями по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций целесообразно связать со снижением возможных социально-экономических и политических последствий ЧС в результате повышения качества управления мероприятиями по предупреждению и ликвидации ЧС.

Информационное обеспечение автоматизированных систем

Любая система управления, в том числе автоматизированная, не может работать без информации о состоянии управляемого объекта и внешней среды, о принятых управляющих воздействиях и результатах их выполнения. Подсистема информационного обеспечения (ИО) предназначена для своевременного обеспечения системы управления этими необходимыми сведениями.

В ГОСТ 34 информационное обеспечение АС определяется как совокупность форм документов, классификаторов, нормативной базы и реализованных решений по объемам, размещению и формам существования информации, применяемой в АС при ее функционировании. Содержание информационного обеспечения АС - совокупность данных, методов и средств их описания, а также методов хранения и доступа к данным. Средства хранения и доступа относятся к программному (системы управления базами данных) или техническому (накопители информации и т.п.) обеспечению АС.

Вся информация, необходимая для функционирования комплексов средств автоматизации в АС организационного управления, должна быть представлена в форме данных. Данные - это информация, представленная в формализованном виде, пригодном для компьютерной обработки.

Данные в АС могут быть представлены в виде документов, предназначенных для непосредственного восприятия человеком без применения средств вычислительной техники (текстовых, графических и т.п.), или на носителях данных (НЖМД, DVD ROM и т.п.). Соответственно выделяют информационное обеспечение АС.

Информационное обеспечение АС представляет собой динамическую информационную модель системы управления связи с внешней средой, отражающую их состояние в текущий или предшествующий моменты времени.

Эта модель должна содержать:

сведения о состоянии органов управления;

сведения об управляемых объектах;

сведения об условиях функционирования управляемых объектов;

сведения о достигнутых результатах функционирования управляемых объектов;

сведения о результатах выполнения отдельных распоряжений, приказов и т.п.;

нормативно-техническую информацию;

учетно-производственную информацию;

текущие и перспективные планы.

Основные требования к информационному обеспечению:

полнота отображения состояний объекта управления и достоверность информации, используемой для решения задач АС;

одноразовый ввод и регистрация информации в АС, многоразовое и многоцелевое ее использование;

простота и удобство доступа к хранимым данным;

минимум дублирования хранимых данных;

высокая эффективность методов и средств сбора, хранения, обновления, поиска и выдачи данных;

обеспечение безопасности хранимых данных.

Документы в автоматизированной системе

Документ – это материальный объект, содержащий закрепленную информацию и предназначенный для ее передачи и доведения до потребителей. Применительно к

системе управления (подсистеме, подразделению) все документы подразделяются на входные и выходные. Выходные документы являются итогом преобразования и переработки информации. При проектировании АС в первую очередь всегда должны быть перечислены необходимые выходные документы, которые в значительной степени определяют состав входных документов и содержание процессов их переработки.

Множества входных и выходных документов объединяются общим понятием «информационный базис». Информационный базис - это совокупность исходных данных и внешних результатов, он определяется целями функционирования системы и не зависит от компьютерных программ переработки информации.

Все документы, циркулирующие в АС, можно разделить на три основных группы. Первая группа - это документы управления, к которым относятся распоряжения, команды, директивы, оповещения, донесения, сводки и т. д. Вторая группа - это служебные документы, к которым относятся запросы, ответы на запросы, служебные сообщения, информационные сообщения, квитанции, отказы, служебные справки и т.д. Третья группа - это производственная документация, объединяющая конструкторскую, технологическую и программную документацию.

Документы циркулируют как в автоматизированной, так и неавтоматизированной системе управления. Однако автоматизация накладывает на документы и документооборот в целом определенные особенности, связанные с формой документов и способами их обработки.

Для того, чтобы обеспечить сопоставимость данных по различным сферам общественного производства, в государстве на различных уровнях управления создаются унифицированные системы документации. Разработаны стандарты, где устанавливаются требования:

к унифицированным системам документации;

к унифицированным формам документов различных уровней управления;

к составу и структуре отдельных информационных полей документов (реквизитов и показателей);

к порядку ведения и регистрации унифицированных форм документов.

Однако, несмотря на существование унифицированных систем документации, в процессе проектирования АС при обследовании организации, как правило, выявляется целый комплекс типичных недостатков:

большой объем документов для ручной обработки;

одни и те же показатели часто дублируются в разных документах;

работа с большим количеством бумажных документов отвлекает специалистов от решения непосредственных задач;

имеются показатели, которые создаются, но не используются, и др.

Устранение указанных недостатков является одной из задач, стоящих при создании информационного обеспечения.

Автоматизированная информационно-управляющая система РСЧС и ГО

Автоматизированная информационно-управляющая система (АИУС) РСЧС - это автоматизированная система организационного управления, разрабатываемая в МЧС России, которая с началом ведения боевых действий становиться АИУС ГО.

АИУС ГО (РСЧС) в ее современном виде создавалась в соответствии с постановлениями Правительства Российской Федерации от 16.01.95 г. №43 и от 27.12.97 г. №1640. В настоящее время на федеральном, межрегиональном, региональ-

ном, муниципальном уровнях АИУС ГО функционирует ряд объектов созданных в рамках первой очереди этой системы

Основным объектом федерального уровня является комплекс средств автоматизации Национальный центра управления в кризисных ситуациях (НЦУКС) МЧС России. Этот комплекс взаимодействует с информационной системой Правительства РФ, с автоматизированными системами других министерств и ведомств (Минобороны, МВД, Минздрав, Минатом и другими), привлекаемых к ликвидации ЧС. На межрегиональных уровнях создано региональных ЦУКСов в городах Москва, Санкт-Петербург, Самара, Ростов-на-Дону, Екатеринбург, Хабаровск, Красноярск. На муниципальных уровнях создаются ЦУКСы органов управления МЧС России в субъектах РФ.

На местном уровне работают абонентские пункты при органах управления ГО в городах и районах. Разворачиваются работы по созданию информационных центров органов управления по делам ГО в городах и районах, которые будут выполнять функции единых дежурно-диспетчерские служб (ЕДДС). ЕДДС предназначены для приема экстренной информации от населения и организаций и координации совместных действий в чрезвычайных ситуациях муниципальных служб в рамках объединенной системы оперативно-диспетчерского управления в чрезвычайных ситуациях (ОС ОДУ). При этом в настоящий момент внедряется новая «Система -112».

Информирование международного сообщества о трансграничных чрезвычайных ситуациях является важным вопросом функционирования российской информационной системы по предупреждению и ликвидации ЧС. С этой целью предполагается сопряжение АИУС ГО с аналогичными информационными системами сопредельных государств и компетентных международных организаций (ЮНДРО, МОГО, МАГАТЭ и др.).

Назначение и роль АИУС ГО в автоматизации управления

Главное назначение АИУС ГО - информационное обеспечение и автоматизация деятельности подведомственных МЧС России органов управления, связанной с управлением мероприятиями по предупреждению и ликвидации ЧС на федеральном, межрегиональном, региональном и муниципальном уровнях. АИУС ГО может быть рассмотрена как интегрированная АС, основными компонентами которой являются АС подведомственных МЧС РФ органов управления федерального, межрегиональном, региональном и муниципальном уровнях. Конечной целью создания АИУС ГО является повышение оперативности, надежности, обоснованности и качества принятия управленческих решений по предупреждению и ликвидации ЧС на основе интеграции информационных ресурсов и автоматизации процессов управления силами и средствами ГО.

АИУС ГО обеспечивает сбор информации, имеющей отношение к предупреждению и ликвидации ЧС, обработку этой информации, подготовку вариантов решений и рекомендаций по действиям в условиях чрезвычайных ситуаций, представление этой информации руководству МЧС России и комиссиям по чрезвычайным ситуациям всех звеньев управления, а также передачу необходимых оперативных указаний руководства МЧС и комиссий по ЧС подчиненным структурам. К информации по предупреждению и ликвидации ЧС относятся данные о состоянии потенциально опасных объектов и природной среды, об экологической обстановке, о состоянии сил и средств, привлекаемых для действий в чрезвычайных ситуациях, о наличии и состоянии запасов и резервов, о ходе работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Пользователями (абонентами) АИУС ГО являются:

Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

региональные центры по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

комиссии по чрезвычайным ситуациям (или органы, аналогичные им по функциям) и управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям республик в составе Российской Федерации, краев, областей, городов и районов, министерств и ведомств Российской Федерации;

органы управления сил ГО.

Состав и структура АИУС ГО

АИУС ГО строится как территориально распределенная система, сеть расположенных по всей стране региональных, республиканских, краевых, областных, городских и районных информационно-управляющих центров, объединенных государственными и ведомственными каналами связи и передачи данных. Структура и состав АИУС ГО обеспечивает возможность самоуправления действиями в чрезвычайных ситуациях на уровне республик, краев, областей, городов и районов Российской Федерации, не исключая возможности рационального сочетания централизованного и децентрализованного управления (рис. 6.1.).

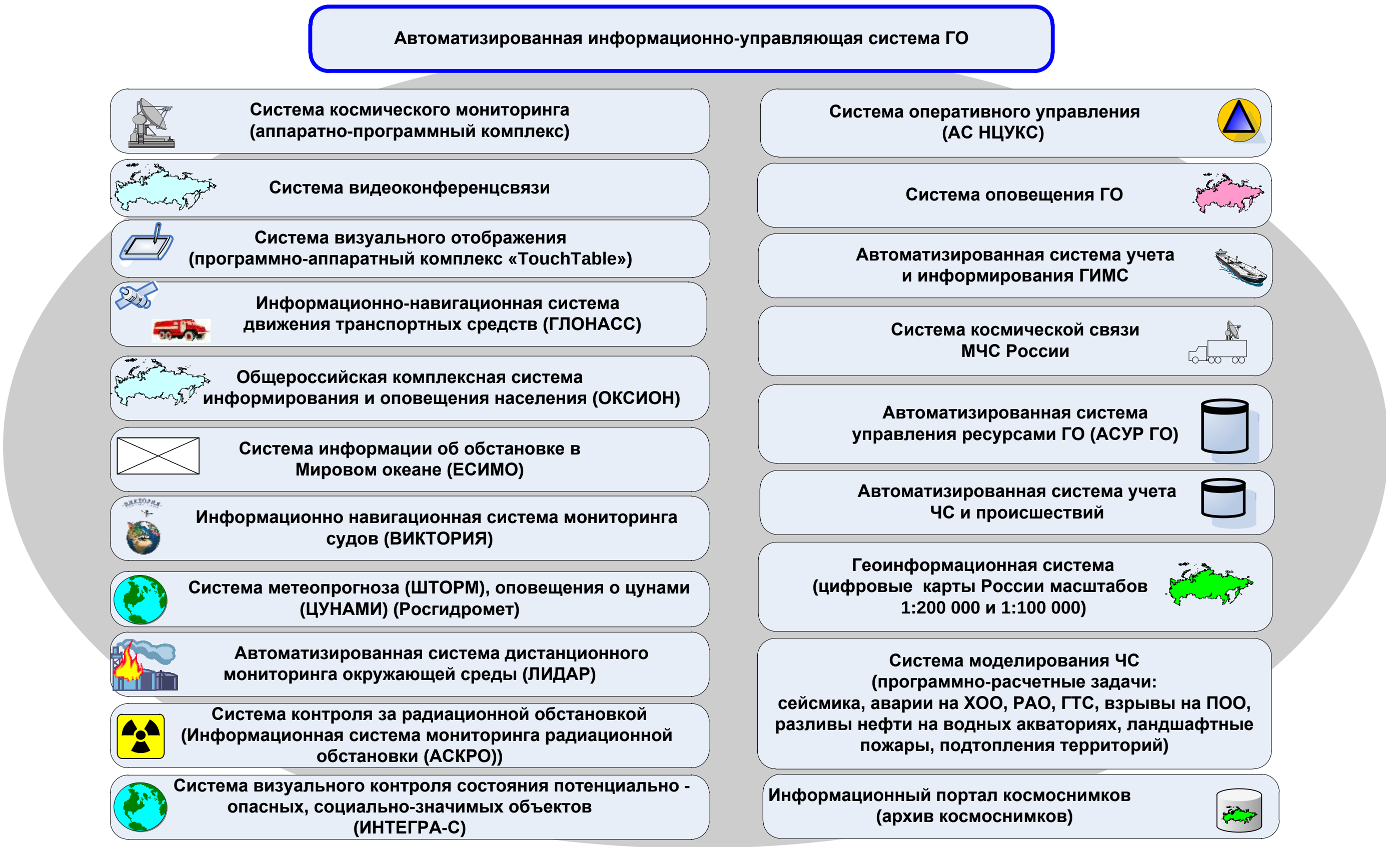


Рис. 6.1. Состав АИУС ГО

Структурными подсистемами АИУС ГО являются комплексы средств автоматизации основной, резервной и дублирующей подсистем. В перечень основных средств АИУС ГО включены:

функционально-ориентированные комплексы средств автоматизации (КСА), размещаемые на стационарных пунктах управления;

мобильные КСА (МКСА) подвижных пунктов управления (ППУ) и других объектов;

абонентские комплекты пользователей (АКП);

КСА взаимодействия (КСАВ) с внешними (по отношению к МЧС) структурами;

сеть связи и передачи данных (ССПД).

КСА оперативно-дежурных служб (КСА-ОДС), предназначенных для подготовки вариантов решений по ликвидации ЧС;

КСА центров мониторинга и прогнозирования ЧС (КСА-ЦМП), предназначенные для подготовки вариантов решений по предупреждению ЧС.

На основе перечисленной номенклатуры средств создаются объектовые комплексы (ОК) средств автоматизации АИУС ГО требуемого назначения и необходимой конфигурации. Каждый из таких ОК размещается в здании, сооружении или ППУ, имеет средства связи и передачи данных, а также один или несколько функционально-ориентированных КСА.

Функции АИУС РСЧС

Основные функции системы определены Положением об АИУС ГО с учетом особенностей предметной области управления действиями по предупреждению и ликвидации ЧС:

сбор, комплексная обработка и распределение между абонентами системы данных от систем наблюдения и контроля (мониторинга) природной среды и потенциально опасных объектов;

сбор и обработка данных об авариях, катастрофах, стихийных бедствиях, сложившейся обстановке, состоянии сил и средств ГО и доведение этой информации до органов управления;

прогнозирование последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий;

подготовка исходных данных для принятия решений на проведение мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций и планирования их выполнения, выработка вариантов возможных решений и планов;

передача необходимых распоряжений, указаний руководства МЧС России и комиссий по чрезвычайным ситуациям нижестоящим органам управления, силам и средствам ГО;

обеспечение управления действиями сил и средств ГО непосредственно в зоне ЧС;

оповещение должностных лиц (органов управления) ГО, доведение сигналов и команд управления на применение Войск ГО и перевод органов управления в различные режимы функционирования (степени готовности);

накопление, хранение и выдача данных о крупных производственных авариях, катастрофах и стихийных бедствиях в стране и за рубежом, о потенциально опасных объектах (зонах) страны (сопредельных государств), о силах, средствах и ресурсах ГО, а также способах предотвращения и ликвидации ЧС;

создание и ведение баз данных картографической информации с тематическим наполнением, обеспечение функционирования геоинформационных систем и обмена видеоинформацией;

информационная поддержка принимаемых решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, подготовке гражданской обороны, мобилизационной подготовке народного хозяйства, дальнейшему совершенствованию и развитию ГО.

Общий алгоритм функционирования АИУС ГО

АИУС ГО должна функционировать как в мирное время (в режимах повседневной деятельности РСЧС, повышенной готовности, чрезвычайной ситуации), так и в особый период (при переводе ГО с мирного на военное положение и в военное время).

В режиме повседневной деятельности объектовые комплексы средств автоматизации всех уровней АИУС ГО обеспечивают работу органов управления по предупреждению чрезвычайных ситуаций на подведомственной территории. При этом решаются задачи мониторинга (в том числе авиационно-космического) и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, осуществляется повседневный контроль за состоянием природной среды и потенциально опасными объектами. Контролируется состояние, организуются тренировки и учения органов управления, сил и средств ГО, разрабатываются и совершенствуются планы действий в экстремальных условиях, перспективные планы профилактики ЧС, дальнейшего развития и совершенствования АС ГО. Решаются задачи кадрового, материально-технического и финансового обеспечения деятельности МЧС России и подчиненных ему органов.

В этом режиме выполняется первичный ввод и актуализация баз данных нормативно-справочной информации, создание новых и совершенствование имеющихся функциональных задач, развитие возможностей программно-технических средств АИУС ГО.

Функционирование АИУС ГО в режиме повышенной готовности обеспечивает деятельность МЧС России, региональных центров и органов управления по делам ГОЧС по приведению в готовность к возможным действиям органов управления и сил РСЧС, принятию оперативных мер по предотвращению ЧС, снижению возможного ущерба. При этом уточняются причины, вызвавшие ухудшение обстановки, осуществляется прогноз возникновения ЧС и ее развития. Усиливается контроль за состоянием природной среды и потенциально опасными объектами. Для обоснования мер по ликвидации угрозы ЧС осуществляются расчеты по привлечению сил и средств, приведению их в высшие степени готовности. При необходимости доводятся команды (распоряжения) на выдвижение части этих сил в район предполагаемого бедствия и осуществляется контроль их действий, проводится оповещение населения. Усиливаются дежурные службы эксплуатационного персонала АИУС ГО, программно-технические средства приводятся в рабочее состояние для решения соответствующих задач, в том числе подготавливаются к выводу в ожидаемый район бедствия мобильные средства АС.

Функционирование АИУС ГО в режиме чрезвычайной ситуации обеспечивает управленческую деятельность МЧС России, региональных центров и органов управления по делам ГО, затронутых бедствием, по ликвидации возникшей ЧС. При этом собираются данные о факте ЧС и сложившейся обстановке, оповещаются соответствующие органы управления и силы ГО. АИУС ГО обеспечивает решение задач для управления выдвижением сил и средств в зону ЧС, мероприятиями по защите населения, материальных и культурных ценностей, проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ с учетом предварительного планирования. Эксплуатационный персонал задействованных объектовых КСА переходит на круглосуточный режим работы. В случае необходимости мобильные средства АИУС ГО выдвигаются в район бедствия для непосредственного обеспечения работы оперативных групп.

При переводе ГО с мирного на военное положение АИУС ГО переходит на круглосуточную работу в полном составе дежурных смен оперативного состава и реализует в автоматизированном режиме следующие функции:

передачу указаний и распоряжений руководства МЧС России о введении повышенной степени готовности ГО и проведении соответствующих мероприятий, о развертывании органов управления, сил и средств ГО постоянной готовности по планам военного времени, сбор и обработку данных о состоянии и ходе развертывания органов управления и выполнении мероприятий приведения в повышенную боевую готовность сил и средств ГО;

передачу указаний о приведении в готовность защитных сооружений, сбор и обработку данных о состоянии и подготовке фонда защитных сооружений;

передачу указаний о проведении рассредоточения и эвакуации населения, сбор и обработку данных о ходе эвакуации населения и обеспечении его средствами индивидуальной защиты;

передачу указаний о проведении мероприятий по повышению устойчивости функционирования объектов экономики, сбор и обработку данных о ходе проведения таких мероприятий;

сбор необходимой информации и решение функциональных задач по корректировке заблаговременных планов в части ускоренного выполнения вышеперечисленных мероприятий с учетом реально складывающейся обстановки.

В режим военного времени АИУС ГО переводится с получением соответствующих сигналов, а также в случаях внезапного нападения вероятного противника, т.е. с началом войны.

При получении соответствующего сигнала АИУС ГО переводится на боевой режим работы и обеспечивает автоматизацию следующих функций управления:

оперативную передачу сигналов и распоряжений руководства МЧС России о введении установленной степени готовности ГО и проведении соответствующих мероприятий по переводу пунктов управления, сил и средств ГО постоянной готовности в полную боевую готовность;

осуществляет контроль за ходом подъема сил и средств ГО по боевой тревоге, выходом их из пунктов постоянной дислокации в районы сосредоточения, контроль за графиками перевода частей постоянной готовности сокращенного состава к выполнению задач военного времени в соответствии с их предназначением.

В случае внезапного развязывания вероятным противником войны АИУС ГО реализует следующие функции:

сбора, комплексной обработки и распределения между абонентами системы информации о координатах и параметрах ядерных взрывов, районах применения других видов ОМП, радиационной, химической и экологической обстановке, складывающейся в районах и полосах действий группировок Вооруженных Сил, поступающей от Единой системы выявления и оценки последствий применения ОМП (ЕСВОП), а также получение сигналов оповещения от специальных систем Минобороны России. (СККП, СПРН и др.), системы наблюдения и лабораторного контроля ГО, другой экстренной информации о применении противником современных средств поражения по потенциально опасным объектам на территории страны и его последствиях;

решения функциональных задач по прогнозированию сложившейся обстановки (население, окружающая среда, экономика), состоянию системы управления, сил и средств ГО;

сбора, обработки и доведения до органов управления прогнозных данных о сложившейся обстановке, состоянии сил и средств ГО в результате ударов противника по объектам страны;

сбора, обработки и доведения данных разведки в районах, подвергнутых воздействию противника;

информационной поддержки процессов принятия решений органами управления ГО по выполнению мероприятий гражданской обороны (защите населения, экономики страны и окружающей среды, проведению спасательных и других неотложных работ с учетом обстановки, сложившейся в результате ударов противника, а также жизнеобеспечению населения в очагах поражения);

накопления, хранения и выдачи данных о ходе выполнения мероприятий гражданской обороны.

Функциональные задачи АИУС РСЧС

Под функциональной задачей (ФЗ) понимается информационная технология обработки определенных исходных данных и выдачи результатов обработки в удобном для дальнейшего использования. Каждая функциональная задача представляет собой совокупность соответствующего специального программного, информационного, лингвистического, математического обеспечения, а также соответствующей проектной и эксплуатационной документации.

В целях обеспечения возможности накопления и взаимного обмена в масштабах всей АИУС ГО результатами разработки ФЗ необходима их единая классификация. В настоящее время в рамках АИУС ГО такой классификации не принято.

Один из возможных подходов классификации предложен Всероссийский НИИ по делам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ВНИИ ГОЧС), являющийся в настоящее время головной организацией по разработке специального программного и информационного обеспечения АИУС ГО. В соответствии с эти подходом каждая ФЗ определяется набором признаков (фасетная классификация):

режим функционирования задачи;

вид чрезвычайной ситуации;

функция процесса управления, поддерживаемая задачей;

пользователь функциональной задачи;

способность к комплексированию с другими ФЗ.

Возможные режимы функционирования ФЗ соответствуют режимам функционирования АИУС ГО. Виды ЧС определяются в государственных стандартах «Безопасность в чрезвычайных ситуациях». Состав пользователей органов повседневного управления ГО можно принять следующим:

оперативный дежурный, выполняющий функции сбора и доведения (передачи) информации;

координатор по прогнозированию и оценке обстановки, обеспечивающий всех остальных пользователей данными об обстановке на территории России и ее регионов;

старший координатор (лицо, готовящее варианты решений на проведение мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС);

координатор по силам и средствам (лицо, планирующее использование сил и средств для реализации намеченных мероприятий);

координатор по ресурсному обеспечению (лицо, планирующее использование продовольственных, медицинских, материально-технических и других ресурсов);

координатор по транспорту (лицо, планирующее доставку сил, средств и потребных им ресурсов к местам проведения работ).

Признак классификации «способность ФЗ к комплексированию с другими задачами» имеет следующее значение. Создание каждой ФЗ как самостоятельного программного изделия затрудняет ее разработку и последующее использование. Поэтому предпочтительнее разработка ФЗ в составе функциональных комплексов задач (ФКЗ). Функциональный комплекс задач – это совокупность взаимосвязанных ФЗ, обеспечивающих определенную часть некоторого процесса управления.

Основными типами ФКЗ являются: ФКЗ обеспечения повседневной деятельности; ФКЗ развития АИУС ГО и ее подсистем; ФКЗ предупреждения ЧС; ФКЗ ликвидации ЧС; ФКЗ мероприятий ГО. Разработка ФЗ и ФКЗ в настоящее время должна производиться на основе учета требований «Положения по разработке, внедрению, эксплуатации и сопровождению ФЗ АИУС РСЧС», введенного в действие Приказом МЧС России от 7.04.97г. № 197. Разработка ФК (в необходимых случаях отдельных ФЗ) выполняется по отдельным (частным) ТЗ. Совокупность увязанных друг с другом ФЗ и ФКЗ на различных уровнях управления АИУС ГО, обеспечивающих работу во всех режимах функционирования, составляет систему функциональных задач (СФЗ) АИУС ГО.

Организация информационного обмена в АИУС ГО

Основными принципами, положенными в основу организации обмена информацией, являются:

сбор информации «снизу-вверх» в соответствии с административно-территориальным делением;

устранение избыточности информации, передача данных в случае появлений отклонений;

агрегирование информации по мере повышения уровня пользователей;

приоритетность передачи и обработки сообщений в соответствии с характером и возможными последствиями ЧС;

обеспечение возможности ввода данных в АИУС ГО с любого звена в случае их доставки транспортным путем или при получении речевых донесений по телефону.

Горизонтальные информационные потоки в АИУС не содержат управляющей информации, но организованы с целью взаимного информирования и оповещения комиссии по ЧС соседних территорий. Для РИУЦ предусматривается возможность информационного обмена по схеме «каждый с каждым».

В АИУС ГО предусмотрена организация активного сбора информации (в отличие от пассивного, при котором пользователь системы не влияет на процесс). Пользователь может запросить любую дополнительную информацию, изменить периодичность или точность ее предоставления, определить любой состав решаемых задач, определить зоны усиленного контроля и т.д.

АИУС позволяет получать любую информацию, вплоть до сообщений отдельных граждан, для чего на пунктах сбора информации организуется круглосуточное оперативное дежурство.

Управление действиями по ликвидации ЧС осуществляется путем рассылки в нижестоящие органы специальных сообщений - указаний. Указания могут иметь одного или нескольких адресатов, а также рассылаться циркулярно. Каждое указание ставится на автоматический контроль его доведения до адресатов. При получении указания автоматически производится квитирование его получения, а также квитирование получения донесения об исполнении указания.

В случае необходимости, пользователь может отменить ранее отправленное указание или уточнить его путем ввода нового указания. Рассылка и исполнение ука-

заний производится строго в соответствии с иерархией органов управления по ЧС. Все данные, поступающие в АИУС ГО и имеющие отношение к вопросам предупреждения и ликвидации ЧС, должны сохраняться в базах данных объектов системы.

К взаимодействующим зарубежным системам относятся такие, как МАГАТЭ, Коспас-Коспар и другие, взаимодействие с которыми (в том числе со странами СНГ) происходит по вопросам предупреждения и ликвидации ЧС, организации и осуществления сотрудничества на федеральном и территориальном уровнях, а также распределение и использование международной помощи в случае возникновения ЧС на подведомственных территориях или объектах народного хозяйства.

Порядок взаимодействия АИУС ГО с автоматизированными системами высших органов исполнительной власти определяется соответствующими постановлениями (распоряжениями) Совета Министров - Правительства Российской Федерации.

Взаимодействие АИУС ГО с автоматизированными системами функциональных подсистем организуется в соответствии с «Инструкцией о порядке обмена в Российской Федерации информацией о чрезвычайных ситуациях» и протоколами по информационному обмену АИУС с функциональными и ведомственными информационными системами.

Порядок взаимодействия АИУС ГО с автоматизированными системами по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций других стран и международных организаций определяется соответствующими межгосударственными договорами и соглашениями.

Порядок сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природною и техногенною характера утвержден постановлением Правительства РФ от 24.03.97 № 334. Это постановление определяет основные правила сбора и обмена информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенною характера (далее именуется - информация).

Информация должна содержать сведения:

о прогнозируемых и возникших ЧС и их последствиях;

о радиационной, химической, медико-биологической, взрывной, пожарной и экологической безопасности на соответствующих территориях;

о деятельности предприятий, учреждений и организаций независимо от форм собственности (далее именуются - организации), органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти в этой области.

Основные положения, определенные в этом документе:

1. Сбор и обмен информацией осуществляются организациями, органами местного самоуправления, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и федеральными органами исполнительной власти в целях принятия мер по предупреждению и ликвидации ЧС, а также своевременного оповещения населения о прогнозируемых и возникших ЧС.

2. Организации представляют информацию в орган местного самоуправления, а также в федеральный орган исполнительной власти, к сфере деятельности которого относится организация.

3. Органы местного самоуправления и органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации осуществляют сбор и обмен информацией, как правило, через постоянно действующие органы управления, специально уполномоченные на решение задач в области защиты населения и территории от ЧС (органы управления ГО).

4. Органы местного самоуправления осуществляют сбор, обработку и обмен информацией на соответствующих территориях и представляют информацию в органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

5. Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации осуществляют сбор, обработку и обмен информацией на соответствующих территориях и представляют информацию в МЧС РФ.

6. Федеральные органы исполнительной власти осуществляют сбор, обработку и обмен информацией в своей сфере деятельности и представляют информацию в МЧС РФ.

Кроме того, федеральные органы исполнительной власти, которые осуществляют наблюдение и контроль за состоянием окружающей природной среды, обстановкой на потенциально опасных объектах и прилегающих к ним территориях, доводят информацию о прогнозируемых и возникших ЧС до органов местного самоуправления и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

7. МЧС России:

координирует работу по сбору и обмену информацией;

осуществляет сбор и обработку информации, представляемой федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации;

представляет в Правительство Российской Федерации информацию о трансграничных, федеральных, региональных и территориальных чрезвычайных ситуациях, и принимаемых мерах по их ликвидации, а также ежегодный государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;

ведет учет чрезвычайных ситуаций.

8. Оплата услуг связи для передачи информации производится в порядке установленном законодательством Российской Федерации.

9. Обмен информацией с зарубежными государствами осуществляется в соответствии с международными договорами.

Порядок обмена информацией в автоматизированной информационно-управляющей системе ГО

Этот порядок определен «Инструкцией о сроках и формах представления информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (приложение к приказу МЧС России от 07.07.1997 № 382).

Инструкция определяет сроки и формы представления информации в МЧС России, другие федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти субъектов РФ, а также обеспечивает координацию деятельности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, предприятий, учреждений и организаций независимо от форм собственности (далее - организации) по сбору и обмену информацией.

Инструкция имеет следующие приложения:

Критерии информации о чрезвычайных ситуациях;

Международная шкала событий на АЭС;

Сроки представления информации и формы донесений (1/РЕЗ ЧС, 1/ЧС, 2/ЧС, 3/ЧС, 4/ЧС).

Таким образом, автоматизация организационного управления на современном этапе развития является очень важным элементом управления и все решаемые задачи полностью зависят от уровня ее развития.

Глава 7. Защита населения и территорий от современных средств поражения

7.1. Основные положения по защите населения и территорий[57]

В связи с определенным смягчением международной обстановки непосредственная угроза прямой агрессии против Российской Федерации уменьшилась, но военная опасность для нее продолжает сохраняться, которая при определенных условиях может перерасти в непосредственную военную угрозу и военные конфликты различной интенсивности.

Наиболее вероятным типом возможных военных конфликтов сегодня считаются региональные и локальные войны, а также вооруженные конфликты.

Наиболее характерными чертами перечисленных *современных военных конфликтов* могут являться:

скрытность подготовки и внезапность развязывания агрессии;

массированное применение высокоточного оружия, средств радиоэлектронной борьбы, а в перспективе — и оружия на новых физических принципах;

применение ранее неизвестных форм и способов ведения операций и боевых действий;

ведение вооруженной борьбы во всех сферах на суше, в воздушно-космическом пространстве и на море при возрастающей роли средств воздушно-космического нападения;

активная борьба за завоевание стратегической инициативы и превосходства в управлении;

огневое поражение важнейших объектов и элементов инфраструктуры государства и группировок войск (сил) на всю глубину их построения;

маневренные действия войск (сил) при широком использовании аэромобильных сил, воздушных десантов и войск специального назначения (сил специального назначения);

постоянная угроза расширения масштабов конфликта, возрастание роли защиты войск, населения и объектов тыла страны от существующих и перспективных средств поражения.

Россия в возможных войнах недалекого будущего может столкнуться с широким набором как средств, так и способов вооруженной борьбы, начиная с оружия, используемого в прошлых войнах, и кончая широкомасштабным применением нового оружия, в том числе высокоточного и на новых физических принципах.

Преимущество будет на той стороне, у которой большие мобилизационные возможности (запасы оружия, возможности его воспроизводства, людские ресурсы). Учитывая состояние экономики, имеющее место уменьшение людских ресурсов, России в таких войнах, вполне очевидно, для защиты государства, отражения агрессора на каком-то этапе войны придется применять тактическое, оперативное, а возможно и стратегическое ядерное оружие. При наличии у агрессора ядерного оружия может произойти обмен ядерными ударами.

По мнению американских политиков, в XXI веке акцент в использовании военной силы должен переместиться с традиционных военных действий — борьбы с вооруженными силами противостоящего противника на их использование для лишения противостоящей стороны возможности отмобилизования и развертывания вооружен-

[57] Кузьмин А.И. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

ных сил, организованного сопротивления, нарушения функционирования экономики, поражение объектов энергетики, инфраструктуры, создание «барьерных рубежей» и, как следствие, нарушение единого экономического пространства, срыв поставок мобилизационных резервов (ресурсов) и нарушение транспортных грузопотоков.

Для лишения противника возможного активного сопротивления удары будут наноситься, в первую очередь, по наиболее важным объектам экономики и инфраструктуры тыла.

Цели первоочередного поражения объектов тыла

	Первого приоритета
1.	Пункты управления
2.	Узлы связи, радиовещательные станции, телецентры
3.	Узлы железных дорог
4.	Железнодорожные мосты (основных ж/д направлений)
	Второго приоритета
1.	Автодорожные мосты федеральных магистралей
2.	Морские (речные) порты, базы, аэропорты, космодромы
3.	Насосные станции магистральных трубопроводов
4.	Склады госрезервов
5.	Атомные станции
6.	Гидроэлектростанции
7.	Тепловые электростанции
	Третьего приоритета
1.	Подстанции ЛЭП
2.	Склады ГСМ, нефтебазы
3.	Нефтеперерабатывающие и нефтехимические производства
4.	Производства оборонного комплекса
5.	Производства цветной и черной металлургии
6.	Производства машиностроения
7.	Производства электрооборудования

В целом для регионов, попадающих в зону военных действий, обстановка будет достаточно сложной и будет характеризоваться следующими негативными последствиями:

нарушением управления с использованием общегосударственных средств связи;

нарушением железнодорожной сети на отдельных участках и частичными потерями подвижного состава;

изоляция региона от поставщиков газа и нефти;

затруднением движения по крупным автомагистралям; дезорганизацией перевозок водным транспортом; нарушением движения на воздушном транспорте;

потерями производства объектов электроэнергетики в регионе:

дезорганизацией межсистемных связей энергосистем регионов и прекращением снабжения потребителей;

значительными потерями среди населения, нарушением обеспечения задач военного времени как по обеспечению вооруженных сил, так и жизнедеятельности

населения и восстановления экономики, потребует привлечения для ликвидации последствий ударов противника значительных сил, прежде всего, гражданской обороны.

Понятие «защита населения» имеет две трактовки: общую – широкую и более узкую – целенаправленную, специфическую.

Первая связана с положениями Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», по которому под защитой фактически понимается вся деятельность по противодействию ЧС.

Вторая исходит из представления, что защита населения заключается в проведении определенных видов защитных мер, направленных на предохранение людей от конкретных поражающих воздействий, обеспечения смягчения этих воздействий, оказание людям конкретной помощи. Такого рода защита достигается путем осуществления целого комплекса специальных мероприятий того или иного вида защиты.

Защита населения от ЧС ─ совокупность взаимоувязанных по времени, ресурсам и месту проведения мероприятий РСЧС и гражданской обороны (ГО), направленных на предотвращение или предельное снижение потерь населения и угрозы его жизни и здоровью от поражающих факторов и воздействия источников ЧС.

Защита территорий ─ это комплекс мероприятий, направленных на снижение тяжести последствий чрезвычайных ситуаций, возникающих на объектах производственного и социального назначения, а также в окружающей среде.

В комплекс мероприятий входят: инженерно-технические мероприятия по оборудованию местности специальными сооружениями (гидротехническими, противолавинными и т.п.); оборудование территорий в интересах гражданской обороны (подготовка загородной зоны для жизнеобеспечения эвакуируемого населения, усовершенствование транспортных магистралей, резервирование водоисточников и др.); надзор за состоянием имеющихся инженерных сооружений (плотин, дамб, каналов); специальная обработка территории при ЧС (дегазация, дезактивация, дезинфекция).

На современном этапе основной целью государственной политики в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в военное и мирное время является обеспечение гарантированного уровня безопасности личности, общества и государства в пределах научно обоснованных критериев приемлемого риска.

Формирование и реализация этой политики осуществляется с соблюдением следующих основных *общих принципов*:

право граждан на охрану жизни и здоровья гарантируется Конституцией Российской Федерации;

защите от опасностей, возникающих при ведении военных действий, а также вследствие этих действий, а также при чрезвычайных ситуациях природного, техногенного характера и террористических угрозах подлежит все население Российской Федерации, а также иностранные граждане и лица без гражданства, находящиеся на территории страны;

организация и ведение гражданской обороны, защита населения территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является обязательной функцией всех органов государственной власти, органов местного самоуправления и организаций, независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, долгом и обязанностью каждого гражданина РФ;

подготовка и реализация мероприятий по защите от чрезвычайных ситуаций осуществляются с учетом разделения предметов ведения и полномочий между федераль-

ными органами государственной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления;

мероприятия по подготовке к защите и по защите населения и территорий от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие их, планируются заблаговременно, осуществляются на максимально возможном уровне в мирное время, наращиваются в угрожаемый период и доводятся до требуемых объемов с началом войны или вооруженных конфликтов. Основной объем мероприятий по предупреждению ЧС природного и техногенного характера и снижению их масштабов проводится заблаговременно;

планирование и осуществление мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций различного характера проводится дифференцированно, с учетом степени реальной опасности реальной опасности возникновения угроз для жизни человека, природных, техногенных, военно-стратегических, социалноэкономических и иных особенностей территорий;

обеспечение безопасности населения осуществляется на основе концепции «приемлемого риска»;

подготовка мероприятий по защите населения на военное время проводится для варианта развязывания современной войны и вооруженных конфликтов с применением высокоточных средств поражения и возможной эскалации вооруженного конфликта в крупномасштабную войну с ограниченным применением ядерного оружия;

эффективность защиты достигается созданием необходимых условий для активного участия населения в защитных мероприятиях;

мероприятия ГО по защите населения должны быть двойного предназначения и обеспечивать снижение потерь от опасностей военного и мирного времени;

при угрозе применения ядерного оружия мероприятия по защите населения должны осуществляться на территории всей страны с привлечением всех людских и материальных ресурсов;

мероприятия по защите населения и территорий от ЧС различного характера планируются и осуществляются в строгом соответствии с международными договорами и соглашениями Российской Федерации, Конституцией Российской Федерации, федеральными законами и другими нормативными правовыми актами.

Система мероприятий по защите населения носит сложный многоуровневый характер. При построении такой системы следует учитывать возможность выбора из широкого спектра различных по характеру способов и методов защиты наиболее оптимального варианта для различных категорий населения в зависимости от мест его проживания.

Кроме того, различные регионы не в одинаковой степени могут быть подвергнуты нападению. Важным обстоятельством является то, что мероприятия по защите организуются и проводятся в различные временные периоды – в мирное время, в угрожаемый период, в ходе ведения гражданской обороны. В соответствие с федеральным законом «О гражданской обороне», ведение гражданской обороны на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях начинается с момента объявления состояния войны, фактического начала военных действий или введения Президентом Российской Федерации военного положения на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Комплекс мероприятий, направленных на защиту людей от поражающих воздействий современных средств поражения, аварий, катастроф, стихийных бедствий и их последствий, на обеспечение смягчения этих воздействий, оказание людям помощи в условиях чрезвычайных ситуаций, включает:

анализ и прогноз возможных чрезвычайных ситуаций и их последствий;

организацию и осуществление непрерывного наблюдения, контроля и прогнозирования возможных опасностей военного мирного времени;

превентивные меры, снижающие последствия применения противником средств поражения, а также аварий, катастроф и стихийных бедствий;

оповещение населения об опасности, его информировании о порядке действий в сложившихся чрезвычайных условиях;

эвакуационные мероприятия;

меры по инженерной защите населения;

мероприятия по медико-биологической, радиационной и химической защите;

подготовку населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций;

проведение спасательных работ и ликвидацию чрезвычайных ситуаций;

мероприятия по первоочередному жизнеобеспечению пострадавшего населения и его социальной защите.

Защита населения от поражающих факторов стихийных бедствий, аварий и катастроф достигается комплексным использованием различных технологий, видов, способов и средств защиты.

7.2. Укрытие населения в защитных сооружениях гражданской обороны[58]

Анализ опыта военных конфликтов показывает, что в современных условиях вопросам инженерной защиты населения должно уделяться особе внимание.

Основным способом инженерной защиты населения при применении современных средств поражения является укрытие его в ЗС.

Общие сведения о ЗС, их предназначение

ЗС относятся к средствам коллективной защиты и предназначены для укрытия групп людей с целью защиты их жизни и здоровья от последствий аварий и катастроф на ПОО, либо стихийных бедствий в районах размещения этих объектов, а также от воздействия ССП (ГОСТ Р.22.002-94).

В современных условиях в РФ для защиты правительства, органов управления, войск и населения используются следующие виды ЗС: специальные фортификационные сооружения, войсковые фортификационные сооружения и ЗС ГО. Эти виды ЗС могут использоваться как сооружения для ПУ, создаваемых по особому решению, так и для защиты населения, техники и материальных ценностей.

Степень защиты, конструктивно-планировочные решения, требования к системам жизнеобеспечения ЗС и их использование в мирное время определяются нормами проектирования ИТМ ГО, строительными нормами и правилами СНиП II-11-77* «ЗС ГО» и другими нормативными документами по проектированию жилых, общественных, производственных и вспомогательных зданий и сооружений.

ЗС должны приводиться в готовность для приёма укрываемых в сроки, не превышающие 12 часов, а на АЭС и ХОО должны содержаться в готовности к немедленному приёму укрываемых.

[58] Юхин А.Н. Каф. 13 «Инженерной защиты населения и территорий»

ЗС, входящие в состав ХОО и АЭС, необходимо включать в пусковые объекты первой очереди. Ввод в эксплуатацию убежищ при строительстве АЭС следует предусматривать до физического пуска первого энергоблока.

Защита наибольших работающих смен, расположенных в зонах возможных сильных разрушений и продолжающих свою деятельность в военное время, а также работающей смены дежурного и линейного персонала предприятий, обеспечивающих жизнедеятельность городов, отнесенных к группам по ГО и объектов экономики особой важности (ОЭ «ОВ»), должна предусматриваться в убежищах.

Для атомных станций предусматривается защита в убежищах персонала АЭС, рабочих и служащих предприятий, включая личный состав воинских и пожарных частей, обеспечивающих функционирование и жизнедеятельность этих станций.

Защита НРС объектов первой и второй категории по ГО и других объектов, расположенных за пределами ЗВСР, в также населения, проживающего в некатегорированных городах, поселках и сельских населенных пунктах, и населения, эвакуируемого в указанные населенные пункты, должна предусматриваться в ПРУ.

Убежища строят в зонах возможных сильных разрушений крупных городов и особо важных объектов из расчета укрытия НРС предприятий, продолжающих производственную деятельность в военное время и в условиях ЧС в этих зонах, а также рабочих и служащих предприятий, обеспечивающих жизнедеятельность городов (ГРЭС, ТЭС, котельные, насосные, связь, транспорт и т. п.) и нетранспортабельных больных с обслуживающим персоналом.

Убежища должны обеспечить возможность непрерывного длительного пребывания укрываемых в течение установленного расчетного срока. Это достигается за счет соответствующих систем жизнеобеспечения, т. е. различных видов внутреннего инженерно-технического оборудования.

Убежища располагают на минимальном удалении от мест сосредоточения (работы) укрываемых, в пределах так называемого радиуса сбора, то есть на расстоянии, позволяющем по сигналу «Воздушная тревога» занять свое место в убежище в установленные сроки.

Радиус сбора может быть рассчитан по специальной методике, но он не может быть выше установленных предельных величин – 400 м при многоэтажной и 500 м – при одноэтажной застройке объекта.

Противорадиационные укрытия должны обеспечивать возможность непрерывного пребывания в них укрываемых в течение установленного расчетного срока. Для этого в них предусматривается необходимое внутреннее инженерно-техническое оборудование.

ПРУ строят за пределами зон возможных сильных разрушений, на территории всей страны и для всех категорий населения. ПРУ располагают в пределах установленного радиуса сбора от места нахождения (работы) укрываемых. Предельная величина радиуса для зоны слабых разрушений (7 км зона) – 1000 м, и для остальной территории – 3000 м.

ПРУ располагают в зданиях (помещениях), обеспечивающих необходимую степень ослабления радиационных воздействий: в зоне возможного опасного радиоактивного заражения (7 км и 20 км зона) только в подвальных и цокольных этажах, на остальной территории могут использоваться и первые этажи крепких зданий.

ПРУ располагают в зданиях не ниже 2-й степени огнестойкости, категории «Г» и «Д».

Уровень грунтовых вод должен быть не выше 0,2 м от отметки пола ПРУ. Через помещения ПРУ разрешается прокладка неопасных транзитных трубопроводов (водопровод, канализация, теплосети), но в специальном канале или за специальной перегородкой. Прокладка потенциально опасных транзитных трубопроводов (пара, перегретой воды, сжатого воздуха, газа) через помещения ПРУ не допускается.

Простейшие укрытия – ЗС в той или иной степени ослабляющие воздействие поражающих факторов ядерного взрыва. Чаще всего это открытые щели (окопы), подвалы, подземные проходы, переходы и другие сооружения, приспособленные для укрытия людей.

Например, открытые щели уменьшают радиус поражения ударной волны на одну треть, а перекрытые – в 2…3 раза, 50 см грунта над перекрытием могут ослабить радиационное воздействие в 40…50 раз.

Таким образом, простейшие укрытия значительно ослабляют воздействие поражающих факторов ядерного взрыва и могут использоваться для защиты населения.

В загородной зоне в качестве простейших укрытий могут быть использованы любые здания и сооружения и, в первую очередь, подвальные (заглубленные), так как пребывание в них в условиях радиоактивного заражения всегда обеспечит некоторую степень защиты по сравнению с пребыванием открыто.

В зонах возможных разрушений, в качестве простейших укрытий, кроме щелей, можно использовать только подвалы, перекрытия которых выдерживают нагрузки обрушения. Расчетные величины этих нагрузок составляют: для одно - двух этажных зданий – 1000 кг/м^2, для трех-четырех этажных – 1800 кг/м^2 и для пяти этажных и выше – 2500 кг/м^2.

При наличии времени и материальных ресурсов простейшие укрытия могут быть дооборудованы до требований, предъявляемых к убежищам, ПРУ или переоборудованы в усиленные укрытия со степенью защиты, превышающей нагрузки обрушения (35…100 кПа), но не меньше, чем расчетные нагрузки для убежищ.

Таким образом, усиленные укрытия – это разновидность простейших укрытий, создаваемых в зонах возможных сильных разрушений за счет приспособления помещений путем усиления их защитных свойств.

В мирное время ЗС ГО могут быть использованы под: производственные помещения, склады, помещения культурного обслуживания, учебные помещения ремонтных бригад и дежурного персонала, вспомогательное помещения лечебных учреждений, помещения бытового обслуживания и торговли, спортивные помещения, гаражи, стоянки, санитарно-бытовые помещения (гардеробные, умывальные и др.), технические и переходные тоннели, коллекторы.

Защитные сооружения гражданской обороны (ЗС ГО) – это сооружения, предназначенные для защиты населения от поражающих факторов современных средств поражения (боеприпасов оружия массового поражения, обычных средств поражения), а также от вторичных факторов, возникающих при разрушении (повреждении) потенциально опасных объектов. Эти сооружения в зависимости от защитных свойств подразделяются на убежища и противорадиационные укрытия (ПРУ). Кроме того, могут применяться и укрытия простейшего типа (рис. 7.1.).

В современных условиях инженерная защита является наиболее эффективным способом защиты населения от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий.

В соответствии с Федеральным законом «О гражданской обороне» (1998 г.) предоставление населению защитных сооружений является одной из основных задач в области гражданской обороны для федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций.



Рис. 7.1. Классификация защитных сооружений.

Обеспечение населения защитными сооружениями гражданской обороны представляет комплекс правовых, организационных, инженерно-технических, строительных, санитарно-гигиенических и других мероприятий, направленных на укрытие людей в защитных сооружениях. Организационно-правовые мероприятия включают: сохранение и поддержание в готовности имеющегося фонда защитных сооружений в мирное время; его дальнейшее наращивание в угрожаемый период; ведение учета существующего и создаваемого фонда защитных сооружений и организацию его использования в мирное и военное время.

Наиболее трудоёмким является накопление и содержание фонда защитных сооружений. Основой накопления фонда ЗС являются Нормы проектирования ИТМ ГО.

В первую очередь накопление ЗС должно проводиться для населения, проживающего в зонах размещения ПОО.

Накопленный фонд ЗС необходимо поддерживать в постоянной готовности к приему укрываемых.

Укрытие населения в ЗС ГО является основным и наиболее действенным способом защиты в ЧС как военного, так и мирного времени. Рассматривая состояние инженерной защиты населения в современных условиях, необходимо отметить, что до 1990 года на территории нашей страны накоплено значительное количество ЗС ГО (убежищ и противорадиационных укрытий), однако в настоящее время многие из них не отвечают установленным требованиям.

Повышение эффективности и совершенствования инженерной защиты населения за счет увеличения фонда ЗС ГО в современных социально-экономических условиях целесообразно осуществлять по следующим направлениям:

увеличение количества вновь строящихся ЗС ГО;

уменьшение количества списываемых, как объектов ГО, защитных сооружений;

приспособление и использование подземных горных выработок и подземного пространства городов различного назначения в интересах защиты населения (строительство линий метро и подземных скоростных трамваев, подземных автостоянок и других объектов с учетом возможности их использования в качестве ЗС ГО, дооборудование подвальных и других заглубленных помещений, существующих и вновь строящихся подземных переходов под защитные сооружения и др.);

строительство ЗС ГО в едином комплексе подземного строительства хозяйственных объектов;

дооборудование убежищ третьим режимом вентиляции на предприятиях, использующих в своем производстве потенциально опасные вещества;

повышение заинтересованности предприятий и организаций в сохранении и поддержании в готовности ЗС ГО;

разработка, уточнение и ввод в действие нормативных документов по проектированию, строительству и содержанию ЗС ГО с учетом современных требований по инженерной защите населения и территорий;

создание при органах исполнительной власти субъектов РФ и органах местного самоуправления специализированных предприятий по ремонту и обслуживанию защитных сооружений;

включение ремонта и восстановление защитных сооружений в планы реконструкции и капитального ремонта жилого фонда;

определение порядка обеспечения защитных сооружений ГО не стандартизированным оборудованием;

проведение целенаправленных научных исследований по вопросам разработки новых типовых проектов ЗС ГО, их технико-экономического обоснования, разработки нормативно-технических и методических документов по содержанию и эксплуатации ЗС ГО в новых экономических условиях во взаимодействии с заинтересованными организациями.

Реализация большинства этих направлений зависит в первую очередь от законодательного и нормативно-правового обеспечения вопросов инженерной защиты населения.

7.3. Эвакуация населения[59]

В условиях неполной обеспеченности защитными сооружениями рабочих, служащих и остального населения городов и населенных пунктов, являющихся вероятными объектами поражения потенциального противника, проведение эвакуационных мероприятий по вывозу (выводу) населения из них и размещению в загородной зоне является основным (необходимым) способом его защиты от современных средств поражения.

Проведение эвакомероприятий *планируется из:*

городов, отнесенных к группам по гражданской обороне;

населенных пунктов:

имеющих: объекты особой важности (ООВ);

железнодорожные станции 1-й категории по гражданской обороне;

в зонах возможного катастрофического затопления (ЗВКЗ) - 4-часового добегания волны прорыва плотины гидротехнического сооружения.

Границы вышеперечисленных населенных пунктов и районов определяются в соответствии с действующими нормативными документами.

В целях организованного проведения эвакуационных мероприятий в максимально сжатые (короткие) сроки планирование и всесторонняя подготовка их производятся заблаговременно (в мирное время), а осуществление - в период приведения гражданской обороны в готовность, при угрозе применения потенциальным противником средств поражения или в условиях начавшейся войны (вооруженного конфликта).

Эвакомероприятия планируются и осуществляются в целях:

снижения вероятных потерь населения категорированных городов и сохранения квалифицированных кадров;

обеспечения устойчивого функционирования объектов экономики, продолжающих свою производственную деятельность в военное время;

обеспечения условий создания группировок сил и средств гражданской обороны в загородной зоне.

Понятие «эвакомероприятия» включает два основных направления - эвакуацию и рассредоточение.

Эвакуация населения - это комплекс мероприятий по организованному вывозу всеми видами имеющегося транспорта и выводу пешим порядком населения из категорированных городов и размещению его в загородной зоне.

Эвакуации подлежат:

работники расположенных в населенных пунктах организаций, переносящих производственную деятельность в военное время в загородную зону (далее - работники организаций, переносящих производственную деятельность в загородную зону), а также неработающие члены семей указанных работников;

нетрудоспособное и не занятое в производстве население;

материальные и культурные ценности.

Рассредоточение - это комплекс мероприятий по организованному вывозу (выводу) из категорированных городов и размещение в загородной зоне для проживания и отдыха рабочих и служащих объектов экономики, производственная деятельность которых в военное время будет продолжаться в этих городах.

[59] Кузьмин А.И. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

К таким объектам относятся уникальные (специализированные) предприятия, продолжающие работу в категорированных городах в соответствии с мобилизационными планами, и организации, обеспечивающие производство и жизнедеятельность объектов этих городов (городские энергосети, объекты коммунального хозяйства, общественного питания, здравоохранения, транспорта и связи, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления).

В зависимости от конкретных условий обстановки возможно проведение:

общей эвакуации – которая проводится на территории всей страны или на территории отдельного региона в отношении всех категорий населения, за исключением:

нетранспортабельных больных и обслуживающего их персонала, и граждан, подлежащих призыву на военную службу по мобилизации;

частичной эвакуации – которая может проводиться до начала общей эвакуации. Она предполагает вывоз нетрудоспособного и не занятого в производстве и в сфере обслуживания населения:

учащихся школ-интернатов;

учащихся образовательных учреждений начального, среднего, высшего профессионального образования;

воспитанников детских домов, ведомственных детских садов;

пенсионеров, содержащиеся в домах инвалидов и ветеранов

– совместно с преподавателями, обслуживающим персоналом и членами их семей.

Частичная эвакуация проводится без нарушения действующих графиков работы транспорта.

Эвакуация населения из населенных пунктов, расположенных в зоне возможного катастрофического затопления (ЗВКЗ) в пределах 4-часового добегания волны прорыва плотины гидротехнического сооружения, – проводится при объявлении общей эвакуации.

К *материальным ценностям*, подлежащим эвакуации, относятся:

государственные ценности (золотовалютные резервы, банковские активы, ценные бумаги, эталоны измерения, запасы драгоценных камней и металлов, документы текущего делопроизводства и ведомственные архивы государственных органов и организаций, электронно-вычислительные системы и базы данных);

производственные и научные ценности (особо ценное научное и производственное оборудование, страховой фонд технической документации, особо ценная научная документация, базы данных на электронных носителях, научные собрания и фонды организаций);

запасы продовольствия, медицинское оборудование объектов здравоохранения, оборудование объектов водоснабжения, запасы медицинского имущества и запасы материальных средств, необходимые для первоочередного жизнеобеспечения населения;

сельскохозяйственные животные, запасы зерновых культур, семенные и фуражные запасы;

запасы материальных средств для обеспечения проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

К *культурным ценностям*, подлежащим эвакуации, относятся:

культурные ценности мирового значения;

российский страховой фонд документов библиотечных фондов;

культурные ценности федерального (общероссийского) значения;

электронные информационные ресурсы на жестких носителях;

культурные ценности, имеющие исключительное значение для культуры народов Российской Федерации.

Особо ценные документы Федерального архивного агентства подлежат укрытию в установленном порядке.

Основанием для отнесения к материальным и культурным ценностям, подлежащим эвакуации, является экспертная оценка, проводимая соответствующими специалистами федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций.

Эвакуационные мероприятия осуществляются *по решению* Президента Российской Федерации и в отдельных случаях, требующих принятия немедленного решения, по решению руководителей ГО субъектов Российской Федерации с последующим докладом по подчиненности.

Ответственность за организацию планирования, обеспечения, проведения эвакуации населения и его размещение в загородной зоне возлагается на руководителей ГО административно-территориальных образований, отраслей и объектов экономики.

Всестороннее обеспечение эвакуационных мероприятий организуют соответствующие службы обеспечения выполнения мероприятий гражданской обороны, министерства (ведомства), объекты экономики независимо от форм собственности во взаимодействии с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления.

Принципы и способы проведения эвакуации

Эвакуационные мероприятия планируются и осуществляются по производственно-территориальному принципу, в соответствии с которым рассредоточение и эвакуация рабочих, служащих и неработающих членов их семей организуются и проводятся по объектам экономики, а эвакуация остального населения, не занятого в производстве, - по месту жительства должностными лицами соответствующих органов местного самоуправления.

При недостаточности собственных сил и средств предусматривается привлечение сил и средств вышестоящих органов исполнительной власти в установленном порядке.

Эвакуация населения планируется и осуществляется *комбинированным способом*, который заключается в вывозе в загородную зону части эваконаселения всеми видами имеющегося транспорта с одновременным выводом остальной его части пешим порядком. Используется транспорт, не занятый воинскими и другими особо важными перевозками по мобилизационным планам, независимо от форм собственности. Учитывая крайне ограниченное количество транспорта, выделяемого для нужд ГО в период перевода страны на военное положение, установлен порядок первоочередного обеспечения им.

В первую очередь транспортом вывозятся:

медицинские учреждения;

население, которое не может передвигаться пешим порядком (беременные женщины, женщины с детьми до 14 лет, больные, находящиеся на амбулаторном лечении, мужчины старше 65 лет и женщины старше 60 лет);

рабочие и служащие свободных смен объектов, продолжающих работу в военное время в категорированных городах;

сотрудники органов государственного управления, важнейших научно-исследовательских учреждений и конструкторских бюро.

Остальное население планируется выводить пешим порядком.

Работающие смены объектов, продолжающих производственную деятельность в категорированных городах, с момента начала эвакомероприятий остаются на своих рабочих местах в готовности к укрытию в защитных сооружениях. Рассредоточение их в загородную зону осуществляется после завершения эвакуации по прибытии свободных (отдыхающих) рабочих смен из загородной зоны. Однако, при значительных сроках эвакуации населения может возникнуть необходимость проведения пересмены на предприятиях параллельно с эвакуацией населения.

Размещение эваконаселения

Размещение эваконаселения в загородной зоне планируется, как правило, на территории своей республики, края, области, с учетом местных условий.

Размещение на территории соседних субъектов Российской Федерации допускается только по согласованию с администрацией этих субъектов.

Загородная зона - это территория в пределах административных границ субъектов Российской Федерации, расположенная вне зон возможных разрушений, возможного опасного радиоактивного загрязнения, возможного опасного химического заражения, возможного катастрофического затопления, вне приграничных районов, заблаговременно подготовленная для размещения эвакуируемого населения по условиям его первоочередного жизнеобеспечения.

Каждому объекту экономики заблаговременно (в мирное время) определяется база и назначается район (пункт) размещения в загородной зоне. Районы размещения эваконаселения согласовываются с органами военного управления (штабами военных округов) и мобилизационными подразделениями органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Выбор районов размещения эвакуируемого населения осуществляется на основе сравнительной оценки:

возможностей по удовлетворению потребностей населения по нормам военного времени в жилье, защитных сооружениях, воде и других видах первоочередного жизнеобеспечения;

условий для создания группировок сил ГО, предназначенных для ведения спасательных и других неотложных работ в очагах поражения;

возможностей дорожно-транспортной сети;

возможностей выполнения работ по форсированной подготовке простейших защитных сооружений и жилья в ходе перевода гражданской обороны с мирного на военное положение за счет местных ресурсов.

Рассредоточиваемые рабочие и служащие размещаются в ближайших районах загородной зоны вблизи железнодорожных, автомобильных и водных путей сообщения. Суммарное время доставки рабочих смен на работу в город и обратно не должно превышать 4-х часов. В исключительных случаях по решению руководителя ГО субъекта Российской Федерации разрешается размещать их в зонах возможных слабых разрушений.

Одновременно с рассредоточением рабочих и служащих в те же населенные пункты загородной зоны эвакуируются неработающие и не занятые в производстве в военное время члены их семей. При невозможности их совместного проживания из-за ограниченной емкости жилого фонда члены семей размещаются в других населенных пунктах загородной зоны на том же эвакуационном направлении.

Районы размещения рабочих, служащих и неработающих членов их семей объектов экономики, переносящих свою производственную деятельность в загородную зону, выделяются за районами размещения рассредоточиваемых рабочих и служащих. Эта категория эвакуируемых размещается в непосредственной близости от своих объектов, которые организуют работу на базе родственных (соответствующих профилю) предприятий, находящихся в загородной зоне, или на специально создаваемой базе.

Население, не занятое в производственной деятельности и не являющееся членами семей рабочих и служащих, размещается в более отдаленных районах загородной зоны.

Население, эвакуируемое из зон возможного катастрофического затопления, размещается в ближайших населенных пунктах на незатапливаемой территории.

Районы размещения эваконаселения в загородной зоне оборудуются противорадиационными и простейшими укрытиями в соответствии с существующими нормами.

Весь жилой фонд и фонд зданий общественного и административного назначения с момента объявления эвакуации передаются в распоряжение руководителей ГО субъектов Российской Федерации.

Эвакуируемое население размещается в общественных и административных зданиях (санаториях, пансионатах, домах отдыха, детских оздоровительных лагерях и т.д.), жилых домах независимо от форм собственности и ведомственной подчиненности, в отапливаемых домах дачных кооперативов и садоводческих товариществ на основании ордеров (предписаний), выдаваемых органами местного самоуправления.

При переработке и корректировке планов эвакуации смена районов размещения допускается только в исключительных случаях.

Размещение эвакуируемых граждан Российской Федерации на территориях стран-участниц Содружества Независимых Государств и других сопредельных стран производится при наличии соответствующих межгосударственных договоренностей.

Территория Российской Федерации также может быть использована для размещения эвакуируемого населения из других государств на основе норм международного права, условиях двусторонних и многосторонних договоренностей.

Министерства (ведомства) организуют руководство планированием, обеспечением и проведением эвакуации своих центральных аппаратов, согласовывают планы эвакуационных мероприятий крупных подведомственных объектов экономики, организуют материально-техническое обеспечение эвакомероприятий.

Подготовка эвакуации

С получением распоряжения на приведение гражданской обороны в общую готовность осуществляются следующие подготовительные мероприятия к проведению эвакуации:

приведение в готовность и развертывание территориальных, отраслевых и объектовых эвакуационных органов;

уточнение численности населения, подлежащего эвакуации (списков рабочих, служащих, членов их семей и остального населения);

уточнение расчетов на вывод населения пешим порядком и вывоз его всеми видами имеющегося транспорта;

контроль за подготовкой маршрутов эвакуации населения пешим порядком (ремонт мостов, прокладка колонных путей, устройство пешеходных переходов на водных преградах и других естественных препятствиях, установка указателей и т.п.);

контроль за подготовкой транспортных средств к выполнению эвакуационных перевозок;

уточнение (проверка) системы связи и оповещения;

подготовка к проведению всех видов разведки;

подготовка имеющихся защитных сооружений и организация строительства простейших укрытий вблизи сборных эвакуационных пунктов, пунктов посадки на транспорт;

подготовка районов размещения в загородной зоне;

ускоренное строительство недостающих укрытий в районах размещения, на промежуточных пунктах эвакуации, в местах привалов на маршрутах пешей эвакуации;

подготовка необходимых печатных информационных материалов;

уточнение порядка медицинского обеспечения;

уточнение мероприятий по охране общественного порядка и обеспечению безопасности дорожного движения, а также состава привлекаемых сил и средств;

осуществление мероприятий по подготовке и выдаче эваконаселению средств индивидуальной защиты.

Рассредоточение и эвакуацию населения организуют и проводят только после получения установленным порядком особых распоряжений (указаний) на их проведение.

Порядок работы органов управления

Руководители гражданской обороны, эвакуационные комиссии, органы управления ГОЧС *субъектов Российской Федерации:*

организуют и контролируют работу подчиненных органов по проведению эвакомероприятий, их всестороннему обеспечению и первоочередному жизнеобеспечению эваконаселения в загородной зоне;

поддерживают взаимодействие с соседними субъектами Российской Федерации по вопросам приема и размещения населения;

поддерживают взаимодействие с органами военного управления.

Органы управления *городов, отнесенных к группам по ГО (районов в городах):*

уточняют задачи подчиненным начальникам, эвакуационным органам, органам управления ГОЧС, руководителям объектов экономики и жилищно-эксплуатационных органов по проведению эвакуационных мероприятий;

совместно с руководителями транспортных органов контролируют готовность к эвакуационным перевозкам транспортных средств, уточняют порядок использования городского транспорта для доставки населения на СЭП и пункты посадки;

осуществляют контроль за организацией своевременного оповещения населения, ходом сбора и отправки его в загородную зону;

уточняют задачи начальникам маршрутов пешей эвакуации, вручают им схемы марша, контролируют формирование пеших колонн и вывод их в исходные пункты;

устанавливают и поддерживают связь с начальниками гражданской обороны, эвакоприемными комиссиями и органами управления по делам ГОЧС районов загородной зоны;

высылают в районы размещения своих представителей для решения вопросов приема, размещения и защиты эвакуируемого населения.

Руководители гражданской обороны, эвакуационные комиссии *объектов экономики:*

уточняют номера эвакуационных эшелонов (поездов, судов), автомобильных колонн, выделяемых объекту для эвакуационных перевозок, сроки подачи транспортных средств к пунктам посадки;

организуют своевременное оповещение, сбор и регистрацию на СЭП рабочих, служащих и членов их семей, формируют маршевые колонны для следования пешим порядком, уточняют маршруты движения, исходные пункты и порядок выхода к ним, инструктируют начальников пеших колонн, начальников эвакуационных эшелонов и старших автомобильных колонн, обеспечивают их выписками из схемы марша и средствами связи;

организуют отправку пеших колонн, посадку эваконаселения на транспортные средства, контролируют отправку транспорта;

оказывают помощь органам местного самоуправления районов загородной зоны в организации приема, размещении и защиты прибывающего к ним эваконаселения.

Руководители *жилищно-эксплуатационных органов* организуют своевременное оповещение и сбор на СЭП неработающего населения, не являющегося членами семей рабочих и служащих, обеспечивают доставку на СЭП одиноких и нуждающихся в посторонней помощи лиц.

Командование военных округов (флотов) в соответствии с планами взаимодействия:

выделяет транспортные средства для обеспечения эвакуационных мероприятий;

уточняет порядок использования дорожной сети, мостов и переправ в интересах эвакуации населения, информирует об изменениях обстановки и при необходимости дает рекомендации органам управления ГОЧС эвакоорганам о внесении изменений в планы эвакуационных перевозок;

оказывает помощь в организации и обеспечении охраны общественного порядка, комендантской службы и регулирования движения;

оказывает помощь в организации разведки на направлениях и маршрутах эвакуации;

передает освободившиеся районы расположения войск, военных городков и оставляемое войсками имущество (оборудование) для размещения в них эваконаселения и его первоочередного обеспечения.

Руководители гражданской обороны *министерств (ведомств):*

организуют эвакуацию личного состава центрального аппарата министерства (ведомства) совместно с членами их семей, подведомственных НИУ, КБ, учебных заведений и других организаций, имеющих особо важное оборонное или экономическое значение;

контролируют ход эвакуации рабочих, служащих и членов их семей подведомственных министерству (ведомству) объектов экономики.

Начальники СЭП:

уточняют с руководством объектов экономики, приписанных к СЭП, численность подлежащего к эвакуации населения и порядок его отправки в загородную зону;

организуют регистрацию и учет прибывающего на СЭП эваконаселения, формирование колонн и эвакоэшелонов, посадку на транспортные средства;

руководят работой всех групп СЭП, проводят инструктаж начальников эвакуационных эшелонов и старших колонн;

организуют оказание медицинской помощи заболевшим во время их нахождения на СЭП, поддержание общественного порядка и укрытие эваконаселения по сигналам гражданской обороны;

докладывают в эвакокомиссию города (района) об отправке эваконаселения в загородную зону;

по завершении эвакомероприятий, по распоряжению эвакокомиссии города (района), организуют эвакуацию личного состава СЭП.

Начальники маршрутов эвакуации пешим порядком с группой управления и во взаимодействии с силами охраны общественного порядка:

обеспечивают организованное движение пеших колонн по маршрутам;

организуют разведку маршрутов и оповещение населения, следующего по ним;

докладывают эвакуационной комиссии города (района в городе) о времени прохождения пешими колоннами исходного пункта, о прибытии их в места привалов, на ППЭ или в конечные районы размещения в загородной зоне.

Руководители гражданской обороны, эвакоприемные комиссии и органы управления ГОЧС загородной зоны:

организуют приведение в готовность пунктов высадки населения (совместно с администрацией пунктов высадки - начальниками станций, портов, пристаней);

развертывают приемные эвакуационные пункты (ПЭП);

уточняют численность прибывающего эваконаселения и порядок подачи транспорта, предназначенного для его вывоза с пунктов высадки, а также с ППЭ в конечные районы (пункты) размещения в загородной зоне;

контролируют работу руководителей объектов экономики загородной зоны по приему и размещению прибывающего эваконаселения;

организуют первоочередное жизнеобеспечение эваконаселения.

Порядок эвакуации населения

О времени явки на СЭП эвакуируемое население оповещается через объекты экономики (предприятия, учреждения, организации), учебные заведения, жилищно-эксплуатационные органы. Каждый гражданин обязан знать, когда и на какой СЭП ему надо явиться.

Особенно важно в возможно короткие сроки оповестить людей, убывающих с первыми эвакуационными эшелонами (поездами, судами), автоколоннами, в первых пеших колоннах. Для оповещения используются автоматизированные системы оповещения, объектовые и местные радиоузлы, телевидение, телефоны, специально выделенные оповестители.

Эвакуируемое население обязано взять с собой документы, личные вещи (ручную кладь) с расчетом на длительное пребывание в загородной зоне (не более 50 кг на одного взрослого человека), продукты питания на 2-3 суток.

Больные, находящиеся на излечении в лечебных учреждениях категорированных городов, эвакуируются в загородную зону с этими учреждениями, за исключением нетранспортабельных с обслуживающим их персоналом.

К установленному сроку эвакуируемое население самостоятельно на городском транспорте, работающем в этот период круглосуточно, прибывает на сборные эвакуационные пункты.

Продолжительность пребывания на сборных эвакуационных пунктах ограничивается временем, необходимым для регистрации и инструктирования о порядке дальнейшего следования в загородную зону.

На СЭП население, эвакуируемое транспортом, распределяется по транспортным средствам (вагонам, судовым помещениям, автомашинам) и после инструктажа организованно направляется на посадку.

Население, эвакуируемое *пешим порядком*, формируется в колонны, которые отправляются с исходных пунктов в загородную зону по установленным маршрутам пешей эвакуации.

Количество маршрутов пешей эвакуации для каждого категорированного города выбирают исходя из местных условий, наличия дорог (колонных путей), количества эваконаселения.

По согласованию с органами военного управления для вывода эваконаселения пешим порядком используются дороги, не занятые воинскими перевозками, эвакоперевозками ГО, а также заранее разведанные проселочные дороги, тропы и проложенные колонные пути. В исключительных случаях могут использоваться обочины автомобильных дорог.

Пешие колонны формируются численностью от 500 до 1000 человек каждая. Для удобства управления колонна разбивается на группы по 50 – 100 человек в каждой. Во главе группы назначаются старшие.

Старшие групп обязаны проверять численность наличного состава, не допускать нахождения в группах посторонних лиц, следить за отстающими.

Скорость движения пеших колонн на маршруте должна выдерживаться не менее 3-4 км/ч, дистанция между колоннами до 500 метров. Суточный переход, совершаемый колоннами за 10 - 12 часов движения, составляет порядка 30 - 40 км.

Через каждые 1 - 1,5 часа движения на маршруте назначаются малые привалы продолжительностью не более 15 - 20 минут, а в начале второй половины суточного перехода - большой привал на 1,5 - 2 часа.

На малых привалах проверяется состав колонн (групп), оказывается медицинская помощь. На большом привале организуется прием горячей пищи. Районы малых и больших привалов назначаются по возможности с учетом использования защитных свойств местности (оврагов, балок и т.п.), не допуская скученности колонн.

По сигналу «Воздушная тревога» личный состав пеших колонн укрывается в складках местности или в ближайших защитных сооружениях.

Находящиеся на пути движения пеших колонн районы радиоактивного, химического или бактериологического (биологического) заражения по возможности обходят с наветренной стороны, в случаях, когда обхода нет, эти районы преодолеваются на повышенных скоростях в средствах индивидуальной защиты.

Для перевозок рассредоточиваемых рабочих смен объектов экономики, продолжающих свою производственную деятельность в категорированных городах в военное время, используются все виды пассажирского транспорта: пригородные пассажирские поезда, электросекции, автобусы, быстроходные пассажирские суда (катера) и при их недостатке - грузовые поезда из крытых, специально оборудованных для перевозок людей, вагонов, грузовые бортовые автомобили, грузопассажирские и грузовые самоходные суда. При этом транспортные средства (вагоны, суда, автомобили), используемые для перевозок рассредоточиваемых рабочих смен, должны обеспечивать минимальные условия для их отдыха в пути следования. Нормы посадки в транспортные средства должны соответствовать количеству мест для сидения.

Перевозки рассредоточиваемых рабочих смен в категорированных городах от станций (пристаней) высадки до предприятий и обратно осуществляются внутриго-

родским транспортом. При организации внутригородских перевозок необходимо решение вопроса защиты водительского состава в случае нападения противника.

Перевозки рабочих смен из пунктов размещения в загородной зоне к пунктам посадки (станциям, пристаням) и обратно осуществляются транспортом районов загородной зоны. При его недостатке привлекается транспорт категорированных городов.

Начало выполнения перевозок рассредоточиваемых рабочих смен осуществляется исходя из возможностей имеющегося в наличии технически исправного транспорта, необходимости обеспечения непрерывного технологического цикла предприятий, продолжающих свою производственную деятельность в категорированных городах в военное время, и реализуется, как правило, после завершения эвакуации населения.

В целях сокращения количества рабочих и служащих, находящихся на предприятиях в категорированном городе в период пересменок (в целях снижения возможных потерь населения при внезапном нанесении удара потенциальным противником современными средствами поражения), обеспечения ритмичной работы объектов экономики и равномерной загрузки транспорта разрабатывается «Скользящий график» работы предприятий, согласованный с организацией подвоза и вывоза рассредоточиваемых рабочих смен

Рассредоточение и эвакуация *заканчиваются* с вывозом (выводом) всего населения категорированных городов, за исключением работающей смены.

При внезапном нападении противника эвакомероприятия проводятся из городов, не подвергшихся поражению. Для сокращения сроков проведения эвакомероприятий все физически здоровое население выводится в загородную зону пешим порядком по сохранившимся незараженным маршрутам.

Эвакуация населения из городов, по которым нанесены удары противника, заключается в выводе людей из очагов поражения в комплексе с проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ и оказанием помощи пострадавшим.

После завершения плановых эвакомероприятий эвакуационные и эвакоприемные комиссии помогают органам местного самоуправления в загородной зоне в работе по учету, обеспечению и трудоустройству прибывшего эваконаселения и не свертывают своей работы до особого указания.

Эвакуационные органы, их структура и задачи

Для непосредственной подготовки, планирования и проведения эвакуационных мероприятий решениями руководителей ГО территориальных и отраслевых (объектовых) органов управления создаются эвакуационные органы, которые работают во взаимодействии с соответствующими органами управлениями по делам ГОЧС и спасательными службами.

Заблаговременно (в мирное время) создаются следующие *эвакоорганы*:

эвакуационные комиссии - республиканские, краевые, областные, городские, районные в городах и других населенных пунктах и объектовые; эвакуационные комиссии министерств (ведомств) и организаций;

сборные эвакуационные пункты;

эвакоприемные комиссии - при органах местного самоуправления;

промежуточные пункты эвакуации;

приемные эвакуационные пункты;

группы управления на маршрутах пешей эвакуации;

администрации пунктов посадки (высадки) населения на транспорт (с транспорта).

Территориальные, объектовые *эвакуационные комиссии*, ЭК министерств (ведомств) осуществляют общее руководство проведением эвакомероприятий из категорированных городов, подведомственных организаций и учреждений, *эвакоприемные комиссии* - приемом, размещением и организацией первоочередного жизнеобеспечения эваконаселения.

ЭК и ЭПК возглавляются заместителями соответствующих начальников гражданской обороны. Они же (руководители ГО) определяют численность и состав комиссий в зависимости от объема возлагаемых задач.

В состав ЭК и ЭПК назначаются лица руководящего состава администраций (департаментов, управлений, служб, отделов), транспортных органов, органов народного образования, социального обеспечения, здравоохранения, внутренних дел, связи, представители военных комиссариатов, мобилизационных подразделений органов исполнительной власти, органов управления ГОЧС.

Лица (военнообязанные), имеющие мобилизационные предписания, в состав эвакуационных органов не назначаются.

Основными задачами эвакуационных комиссий являются:

организация разработки и корректировки планов эвакуации на своем уровне и в подведомственных звеньях;

организация и контроль за:

своевременным комплектованием, качественной подготовкой эвакуационных органов;

подготовкой, проведением и всесторонним обеспечением эвакуационных мероприятий.

Сборные эвакуационные пункты предназначаются для сбора, учета эвакуируемого населения и организованной отправки его в загородную зону.

Располагаются СЭП вблизи пунктов посадки на транспорт и в начале маршрутов пешей эвакуации, как правило, в зданиях общественного назначения. Каждый СЭП обеспечивается связью с районной эвакокомиссией, пунктом посадки (станцией, пристанью), исходным пунктом на маршруте пешей эвакуации, эвакоорганами в загородной зоне. Ему присваивается номер и за ним закрепляются автомобильный транспорт, расположенные вблизи защитные сооружения и соответствующие объекты экономики, рабочие и служащие которых с членами семей, и остальное население будет эвакуироваться через данный сборный эвакуационный пункт.

Приписка населения к СЭП производится из расчета не более 4000 – 5000 человек на один пункт, количество транспортных средств, подаваемых на СЭП, определяется в соответствии с численностью приписанного населения.

На каждом сборном эвакуационном пункте в состав групп регистрации и формирования колонн включаются представители эвакокомиссий объектов, приписанные к данному пункту.

Промежуточные пункты эвакуации создаются при проведении эвакуации в два этапа и предназначаются для кратковременного размещения эваконаселения за пределами опасных зон и отправки его в места постоянного размещения в загородной зоне.

ППЭ размещаются вблизи железнодорожных, автомобильных и водных путей сообщения. На них производится перерегистрация эваконаселения, а при необходимости - дозиметрический и химический контроль, санитарная обработка, а также обмен или специальная обработка одежды и обуви.

Для обеспечения управления движением пеших колонн и поддержания порядка на маршрутах назначаются *начальники маршрутов пешей эвакуации и группы управления.* Кроме того, на них возлагаются обязанности по подготовке и поддержанию маршрутов в исправном состоянии, ведению радиационной, химической и инженерной разведки, оказанию медицинской помощи заболевшим.

В состав группы управления входят представители основных предприятий и организаций, персонал которых выводится по данному маршруту, представители органов местного самоуправления районов загородной зоны, по территориям которых проходят маршруты.

Начальники маршрутов пешей эвакуации размещаются на исходных пунктах маршрутов и организуют выполнение возложенных задач методом патрулирования по маршруту на подвижных средствах.

Приемные эвакуационные пункты предназначаются для приема, учета и размещения прибывающего эваконаселения. Они располагаются вблизи пунктов высадки. Под ПЭП отводятся общественные и административные здания. Местным транспортом или пешими колоннами эваконаселение вывозится (выводится) с ПЭП в места постоянного размещения.

Администрация пунктов посадки (высадки) формируется из представителей соответствующих транспортных органов. Ее основной обязанностью является обеспечение своевременной подачи транспортных средств и организация посадки (высадки) эваконаселения на них.

Личный состав эвакуационных органов заблаговременно (в мирное время) проходит плановую подготовку (переподготовку) в учебно-методических центрах ГО и совершенствует свои практические навыки на учениях и штабных тренировках по тематике гражданской обороны.

Планирование эвакуации населения

Организацию непосредственного планирования, обеспечения и проведения эвакомероприятий осуществляют эвакуационные комиссии совместно с соответствующими органами управления по делам ГОЧС и спасательными службами.

Планы эвакуации оформляются в виде разделов Планов ГО и защиты населения.

В районах загородной зоны эвакоприемные комиссии органов местного самоуправления при участии соответствующих органов по делам ГОЧС и спасательных служб разрабатывают планы приема, размещения и первоочередного жизнеобеспечения эвакуируемого населения.

Планирование, обеспечение и проведение эвакуационных мероприятий осуществляются во взаимодействии с органами военного управления по вопросам:

выделения транспортных средств для обеспечения эвакоперевозок;

совместного использования транспортных коммуникаций (железнодорожных, автомобильных, воздушных и водных путей сообщения);

выделения сил и средств для совместного регулирования движения на маршрутах эвакуации и обеспечения охраны общественного порядка;

ведения всех видов разведки;

выделения сил и средств для инженерного обеспечения эвакуации, противорадиационной и противохимической защиты населения, санитарно-противоэпидемических и лечебно-профилактических мероприятий;

возможности использования военных городков и оставляемого войсками имущества (оборудования) для размещения и первоочередного жизнеобеспечения эваконаселения в загородной зоне;

согласования районов размещения эваконаселения в загородной зоне.

Планы проведения эвакуационных мероприятий гражданской обороны согласовываются (увязываются) с планами (мероприятиями) по переводу экономики с мирного на военное положение, мобилизационного развертывания Вооруженных Сил в части использования транспорта и транспортных коммуникаций, материально-технических средств, обеспечения трудовыми (людскими) ресурсами, финансированием, а также решения вопросов размещения эваконаселения в загородной зоне и обеспечения его жизнедеятельности.

Для определения очередности вывода (вывоза) эвакуируемого населения и четкого планирования его размещения в загородной зоне все эваконаселение распределяется по трем группам:

1-я группа (рассредоточиваемое население) - рабочие и служащие объектов, продолжающих свою производственную деятельность в военное время в зонах возможных сильных разрушений категорированных городов, а также обеспечивающих их жизнедеятельность;

2-я группа (эвакуируемое трудоспособное население) - рабочие и служащие объектов, прекращающих деятельность в военное время в категорированных городах или переносящих ее в загородную зону;

3-я группа - остальное эвакуируемое население. Основная часть населения, отнесенного к этой группе, составляет контингент, который может быть вывезен до начала общих эвакомероприятий по частичной эвакуации.

Районы размещения различных групп населения, объектов, порядок использования транспорта и дорожной сети определяются решениями руководителей органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления с обязательным учетом интересов Вооруженных Сил.

Планы эвакуации имеют различную степень детализации в зависимости от уровня органа управления, их разрабатывающего.

План состоит из текстовой части и приложений на картах, в виде схем, графиков, расчетов.

В общем случае *в текстовой части* указывается:

порядок приведения эвакоорганов в готовность;

порядок оповещения руководящего состава и населения о начале эвакуации;

численность эваконаселения с разбивкой по категориям;

районы и порядок размещения эваконаселения в загородной зоне, организация жизнеобеспечения;

сроки выполнения эвакуационных мероприятий;

порядок вывоза (вывода) населения из категорированных городов;

маршруты вывода (вывоза) населения и их характеристика;

характеристики СЭП, пунктов посадки, высадки, их пропускная способность, закрепленные за ними объекты экономики, эвакоколонны и т.д.;

порядок вывоза эваконаселения из ППЭ к местам размещения;

организация обеспечения общественного порядка и регулирования дорожного движения на маршрутах эвакуации;

организация защиты населения в местах сбора и на маршрутах эвакуации, обеспечения средствами индивидуальной защиты;

организация комплексной разведки (инженерной, радиационной, химической и т.д.);

санитарно-противоэпидемические и лечебно-эвакуационные мероприятия;

руководство проведением эвакуации населения;

организация информации и инструктирования населения в ходе эвакуации.

В планах эвакуации, разрабатываемых в районах категорированных городов, кроме того, детально отрабатываются вопросы организации марша пеших колонн. С этой целью исполняются графики движения колонн по маршрутам, карточки маршрутов пешей эвакуации, схемы оборудования маршрутов, схемы размещения эваконаселения на больших привалах и т.д.

В приложениях отражается:

расчет населения, подлежащего эвакуации («Основные показатели планирования эвакуации и рассредоточения населения»);

дислокация СЭП, исходных пунктов эвакуации пешим порядком, пунктов посадки (станций, пристаней) и высадки населения;

распределение объектов экономики по СЭП, пунктам посадки и местам размещения в загородной зоне;

потребность и возможности транспорта (железнодорожного, автомобильного, водного, воздушного), его распределение по эваконаправлениям и маршрутам для вывоза населения;

состав эвакуационных органов и сроки их приведения в готовность;

схема оповещения руководящего состава органов исполнительной власти, руководителей объектов экономики и населения о начале эвакуации;

организация связи и управления;

карта размещения эвакуированного населения в загородной зоне с указанием маршрутов эвакуации и необходимыми справочными данными.

Планы приема и размещения в загородной зоне отражают вопросы встречи, распределения по местам проживания и организации жизнеобеспечения, прибывающего эваконаселения, а также выделения необходимых для этих целей транспортных средств.

На все население, подлежащее эвакуации, составляются *эвакуационные списки*. Неработающие члены семей рабочих и служащих включаются в списки по месту работы главы семьи на объектах экономики, одинокие неработающие - по месту жительства (в жилищно-эксплутационных органах).

Эвакуационные списки составляются заблаговременно и уточняются при периодической корректировке планов эвакуации, а также при переводе гражданской обороны с мирного на военное положение.

Списки составляются в трех экземплярах.

С получением распоряжения на проведение эвакуации первый экземпляр остается на объекте экономики или в жилищно-эксплуатационной организации; второй - направляется на СЭП (в оперативную группу) и после завершения вывоза (вывода) населения передается в соответствующую эвакуационную комиссию; третий - с началом вывоза (вывода) эваконаселения направляется в эвакоприемную комиссию в районе размещения.

Эвакуационные списки и паспорта являются основными документами для учета, размещения и первоочередного жизнеобеспечения эвакуируемого населения.

Планы эвакуационных перевозок населения разрабатывают транспортные органы (службы) по заявкам органов управления по делам ГОЧС.

В заявке указываются: объемы эвакоперевозок по направлениям; предложения по использованию грузовых транспортных средств и по уплотненной посадке людей; исходное время подвода первых групп эваконаселения к пунктам (местам) посадки; силы и средства охраны общественного порядка, их дислокация и порядок действий в местах посадки (высадки) и в пути следования; медицинское обеспечение эваконаселения в период проведения эвакомероприятий; контактные телефоны эвакоорганов и их представителей.

В планах эвакоперевозок указывается количество, род поездов (вагонов), количество и типы автомобилей (судов), время их подачи к пунктам посадки, время отправления и прибытия на пункты высадки, маршруты следования и количество вывозимого населения.

При планировании эвакуационных перевозок *железнодорожным транспортом* управления (отделения) железных дорог определяют максимально возможное увеличение длины эвакуационных эшелонов (поездов) до предельно допустимых норм, предусматривают использование максимального количества станций, подъездных путей и мест для посадки и высадки эваконаселения, увеличение зон обращения пригородных поездов, устанавливают (совместно с органами управления ГОЧС) уплотненные нормы посадки людей в вагоны.

При планировании эвакоперевозок *автомобильным транспортом* предусматривается использование всех технически исправных автомобилей, остающихся после поставки в Вооруженные Силы, независимо от их ведомственной принадлежности, пригодных для перевозки людей; разрабатываются мероприятия по обеспечению автотранспорта двумя сменами водителей и по оборудованию грузовых автомобилей сиденьями для перевозки людей; определяются (совместно с органами управления по делам ГОЧС) уплотненные нормы посадки, согласовывается с органами военного управления порядок использования автомобильных дорог.

Автомобили, предназначенные для выполнения эвакоперевозок, формируются в автоколонны. Автотранспорт районов загородной зоны используется для вывоза эваконаселения с ППЭ и пунктов высадки к местам его расселения.

Для решения внезапно возникающих задач в ходе рассредоточения и эвакуации населения планируется резерв автотранспортных средств начальников гражданской обороны субъектов РФ, категорированных городов и определяется порядок его использования.

Водный транспорт планируется для вывоза рабочих и служащих с членами семей объектов водного транспорта, а также объектов экономики и населения, находящихся вблизи портов (пристаней).

На период прекращения навигации перевозки, планируемые водным транспортом, предусматривается осуществлять другими видами транспорта.

Воздушный транспорт планируется использовать для вывоза на дальние расстояния оперативных групп министерств (ведомств), а также сотрудников НИУ, КБ, деятельность которых переносится в новые районы, и населения, эвакуируемого в труднодоступные районы.

Легковые автомобили, моторные лодки, катера, находящиеся в личном пользовании граждан, в организованном порядке привлекаются для вывоза членов семей владельцев этого транспорта.

На период проведения эвакомероприятий планируется круглосуточная работа городского пассажирского транспорта по существующим маршрутам с выделением (при необходимости) дополнительных транспортных средств.

Эвакуационные комиссии, органы управления по делам ГОЧС совместно с транспортными службами (органами) производят расчеты на заблаговременный, по возможности скрытый (с соблюдением мер оперативной маскировки), вывоз не занятого в сфере производства и обслуживания населения (по частичной эвакуации). Расчеты производятся по каждому направлению на основании среднесуточных возможностей всех видов транспорта.

При этом предусматривается:

использование свободных мест (с ограничением продажи билетов для других пассажиров) в следующих по расписанию поездах, судах, автобусах;

назначение дополнительных поездов, судов, рейсовых автобусов;

прицепка дополнительных пассажирских вагонов к обращающимся графиковым поездам;

посадка эваконаселения в следующие по действующим расписаниям автобусы и суда до норм, принятых для эвакуационных перевозок;

использование транспортных средств, находящихся в личном пользовании граждан.

Обеспечение эвакуации населения

Для организованного проведения эвакуации населения заблаговременно (в мирное время) планируются, подготавливаются и осуществляются мероприятия по следующим видам обеспечения: связи и оповещения, транспортному, медицинскому, охране общественного порядка и обеспечению безопасности дорожного движения, инженерному, материально-техническому, финансовому, разведке и коммунально-бытовому.

Оповещение о начале эвакуации осуществляют дежурные службы территориальных органов управления МЧС России по действующей автоматизированной системе централизованного оповещения ГО и РСЧС, а также по действующим каналам оперативной связи (телефон, телеграф, радио).

Для дополнительного информирования и инструктирования эвакуируемого населения используются местные сети вещания.

Транспортное обеспечение включает комплекс мероприятий по подготовке, распределению и эксплуатации транспортных средств, предназначенных для выполнения эвакоперевозок.

Транспортное обеспечение возлагается на органы Министерства транспорта Российской Федерации, Министерства путей сообщения Российской Федерации, министерств (ведомств), организаций и учреждений, имеющих автомобильный, железнодорожный, водный и воздушный транспорт.

Основными задачами транспортного обеспечения являются: поддержание в постоянной готовности транспортных органов, сил и средств; приспособление грузовых транспортных средств для использования под массовые людские перевозки, проведение работ по их специальной обработке; обеспечение устойчивой работы транспорта, организация ремонта транспортных средств, участвующих в выполнении эвакоперевозок.

Медицинское обеспечение включает организацию своевременного оказания медицинской помощи эваконаселению на всех этапах проведения эвакуации, в районах размещения в загородной зоне, а также проведение санитарно-профилактических мероприятий.

С этой целью на СЭП, ППЭ, ПЭП, пунктах посадки и высадки, на маршрутах эвакуации развертываются медицинские пункты, в состав колонн, эшелонов включаются медицинские работники. Кроме того, задачи по оказанию медицинской помощи населению на маршрутах движения возлагаются на близлежащие местные лечебно-профилактические учреждения.

Медицинское обеспечение эвакуированного населения в районах размещения в загородной зоне осуществляется местными и эвакуированными из городов лечебно-профилактическими учреждениями.

Санитарно-гигиенические и противоэпидемические мероприятия в ходе эвакуации населения организуются и проводятся на СЭП, ППЭ, ПЭП, пунктах посадки и высадки, в пути следования (транспортных средствах), в районах размещения.

При подготовке к массовой иммунизации населения предусматривается организация в сжатые сроки подвижных и временных прививочных пунктов, создаваемых силами лечебно-профилактических учреждений.

Охрана общественного порядка и обеспечение безопасности движения возлагаются на органы внутренних дел, закрепленные за соответствующей территорией, а также нештатные аварийно-спасательные формирования охраны общественного порядка.

К основным мероприятиям относятся: охрана общественного порядка и обеспечение безопасности на эвакообъектах, на маршрутах эвакуации и в районах размещения в загородной зоне; охрана объектов экономики; регулирование движения; организация регистрации эваконаселения и ведение адресно-справочной работы; участие в борьбе с диверсионно-разведывательными формированиями.

Инженерное обеспечение возлагается на органы Минстроя Российской Федерации и другие строительные организации независимо от форм собственности, инженерные спасательные службы.

При инженерном оборудовании выполняются следующие мероприятия: оборудование убежищ и укрытий для эваконаселения на всех этапах эвакуации; оборудование и содержание пунктов водоснабжения; оборудование погрузочных площадок для размещения транспортных средств; обустройство мест посадки эваконаселения на транспортные средства; улучшение состояния дорог, усиление мостов, оборудование объездов разрушенных или непроходимых участков дорог, а также оборудование и содержание переправ через водные преграды; оборудование общественных зданий, сооружений для размещения эваконаселения; оборудование медицинских пунктов, полевых хлебопекарен, бань, временных торговых точек и других объектов быта.

Материально-техническое обеспечение эвакуации заключается в организации технического обслуживания и ремонта транспортных средств в ходе эвакуации, снабжении горюче-смазочными материалами, запасными частями, водой, продуктами питания, предметами первой необходимости, обеспечении эвакоорганов необходимым имуществом.

Материально-техническое обеспечение возлагается на органы Росрезерва РФ, Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ, Министерство транспорта РФ, предприятия и организации жилищно-коммунального хозяйства, торговли, соответствующие спасательные службы.

Разведка (наземная, воздушная, речная (морская) проводится с целью получения достоверных данных о состоянии дорожной сети, водных преград, речных и морских маршрутов, об очагах радиоактивного загрязнения, химического заражения, а также уточнения медицинской, эпидемиологической, ветеринарной и фитопатологической обстановки.

Воздушная разведка ведется специально подготовленными экипажами самолетов и вертолетов гражданской авиации, МЧС России и Вооруженных Сил Российской Федерации.

Наземная разведка выполняется разведывательными формированиями и подразделениями войск ГО, учреждений сети наблюдения и лабораторного контроля, постами радиационной и химической разведки.

Специальная разведка ведется силами соответствующих министерств и ведомств.

Коммунально-бытовое обеспечение эваконаселения в местах его размещения в загородной зоне осуществляют предприятия жилищно-коммунального хозяйства органов местного самоуправления, министерств и ведомств.

К коммунально-бытовому обеспечению относятся: организация водоснабжения эваконаселения и объектов социальной инфраструктуры; организация работы предприятий коммунальной энергетики; организация, оборудование временных и стационарных объектов и пунктов быта (хлебопекарен, торговых точек, бань, прачечных и т.п.).

Финансовое обеспечение эвакомероприятий осуществляется:

в субъектах Российской Федерации и входящих в их состав административно-территориальных образованиях - за счет средств бюджетов субъектов и средств местных бюджетов;

в федеральных органах исполнительной власти и подчиненных им организациях (учреждениях) - за счет средств федерального бюджета;

в самостоятельных предприятиях (организациях) - за счет средств, выделяемых на административно-управленческие и эксплутационные расходы.

С целью защиты эваконаселения от воздействия поражающих факторов современных средств поражения потенциального противника осуществляются его *противорадиационная и противохимическая защита*.

Проведение эвакомероприятий при угрозе нападения и после применения противником современных средств поражения представляет собой очень сложный, требующий огромных материальных и моральных затрат комплекс мероприятий. Подготовка к его проведению требует от органов управления всех уровней тщательного прогнозирования возможной обстановки, учета всех имеющихся сил и средств, планирования их использования, организации взаимодействия и всех видов обеспечения.

Необходимым условием проведения эвакомероприятий является заблаговременная подготовка районов размещения населения в загородной зоне, обучение и тренировка людей действиям при получении сигналов оповещения, их психологическая подготовка.

Органы управления, отвечающие за планирование и проведение эвакуации, обязаны твердо знать требования руководящих документов, уметь планировать эвакомероприятия с учетом местных условий и руководить их выполнением, обеспечивая максимальную защиту населения в условиях военного времени.

7.4. Предоставление населению средств индивидуальной защиты

[60]Предоставление населению средств индивидуальной защиты осуществляется в соответствии с основными задачами в области гражданской обороны и в комплексе мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникаю-

[60] Кольцов Г.И. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

щих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также для защиты населения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (далее - в военное и мирное время).

Накопление СИЗ осуществляется заблаговременно в мирное время в запасах материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств и резервах материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее - запасы (резервы)) федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций.

Обеспечение населения СИЗ осуществляется:

федеральными органами исполнительной власти - работников этих органов и бюджетных организаций, находящихся в их ведении;

органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации - работников этих органов и бюджетных организаций, находящихся в их ведении, а также детей дошкольного возраста, обучающихся и неработающее население, проживающих на территории соответствующего субъекта РФ;

органами местного самоуправления - работников этих органов и созданных ими муниципальных предприятий и учреждений;

организациями - работников этих организаций и подведомственных им объектов производственного и социального назначения.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий осуществляет контроль и организационно-методическое руководство за накоплением, хранением и использованием запасов СИЗ, создаваемых федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями.

Обеспечению СИЗ в военное время подлежит население, проживающее:

на территориях, отнесенных к группам по гражданской обороне (далее - ГО);

в населенных пунктах с объектами особой важности и железнодорожными станциями первой и второй категорий и объектами, отнесенными к категориям по ГО, а также с объектами, критически важными для национальной безопасности Российской Федерации;

на территориях в пределах границ зон возможного радиоактивного, химического и биологического загрязнения (заражения),

Обеспечению СИЗ в мирное время подлежит население, проживающее:

на территориях в пределах границ зон защитных мероприятий, устанавливаемых вокруг комплекса объектов по хранению и уничтожению химического оружия;

на территориях в пределах границ зон возможного опасного радиоактивного загрязнения (заражения) при авариях на радиационно опасных объектах;

на территориях в пределах границ зон возможного опасного химического загрязнения (заражения) при авариях на химически опасных объектах;

на территориях в пределах границ зон возможного биологического загрязнения (заражения) при авариях на биологически опасных объектах.

Накопление СИЗ в запасах (резервах) осуществляется для обеспечения проведения мероприятий ГО и защиты населения, проживающего на территориях и в населенных пунктах:

для детей - камеры защитные детские или противогазы из расчета на 100% от их численности;

для неработающих пенсионеров и другого неработающего населения, проживающих на территориях в границах зон возможного опасного радиоактивного загрязнения (заражения) - противогазы и респираторы из расчета на 100 % от их общей численности, за пределами названных зон - противогазы из расчета на 100% от их общей численности;

для работников РОО и организаций, расположенных на территориях в границах зон возможного опасного радиоактивного загрязнения (заражения) - противогазы и респираторы из расчета на 100% от их общей численности и другие СИЗ в соответствии с табелями оснащения аварийно-спасательных формирований и спасательных служб, привлекаемых к выполнению задач по ГО и защите населения от ЧС;

для работников организаций (кроме РОО и организаций, расположенных на территориях в границах зон опасного радиоактивного загрязнения (заражения)) - противогазы из расчета на 100% от общей численности их работников и другие СИЗ в соответствии с табелями оснащения аварийно-спасательных формирований и спасательных служб, привлекаемых к выполнению задач по ГО и защите населения от ЧС;

При этом количество запасов противогазов увеличивается на 5% от потребности для обеспечения подгонки и замены неисправных противогазов.

Для обеспечения защиты вышеуказанных категорий населения также осуществляется накопление в запасах (резервах):

медицинских средств индивидуальной защиты в военное время из расчета на 100% от их общей численности и в мирное время - на 30% от их общей численности;

дополнительных патронов к противогазам для защиты от аварийно химически опасных веществ в военное и мирное время из расчета на 40% от их общей численности, если они не обеспечивают защиту от аммиака.

Правовыми основами организации создания запасов являются федеральные законы от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», от 12 февраля 1998 года № 28-ФЗ «О гражданской обороне», от 6 октября 1999 года № 184-ФЗ «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и от 6 октября 2003 года № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», постановления Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2000 года № 379 «О накоплении, хранении и использовании в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств», от 10 ноября 1996 года № 1340 «О порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и издаваемые в соответствии с ними нормативные документы МЧС России.

Финансирование накопления, хранения, использования, освежения запасов, содержания, ремонта, аренды и охраны складов, оплата работ, связанных с перемещением, консервацией, проведением лабораторных испытаний и технических проверок осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

В соответствии с приказом Минфина России от 30 декабря 2009 года № 150н «Об утверждении указаний о порядке применения бюджетной классификации Российской Федерации» (в ред. Приказов Минфина России от 31.03.2010 № 28н, от 24.06.2010 № 61н) с 1 января 2010 года установлены «Правила отнесения расходов

всех бюджетов бюджетной системы Российской Федерации на соответствующие разделы и подразделы классификации расходов». В разделе 0300 «Национальная безопасность и правоохранительная деятельность» подраздел 0309 «Защита населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, гражданская оборона» подлежат отражению расходы на обеспечение деятельности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций и определена целевая статья 219 0000 «Мероприятия по гражданской обороне», в которой отражаются расходы на проведение мероприятий по гражданской обороне и статья 219 01 00 «Подготовка населения и организаций к действиям в чрезвычайной ситуации в мирное и военное время», в которых отражаются расходы на закупку и содержание средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты, приборов радиационной, химической разведки и контроля.

Ежегодно работники, уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обобщают информацию о номенклатуре и количестве средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты, приборов радиационной, химической, биологической разведки и контроля в запасах, формируют и направляют предложения в свои финансовые органы.

В целях решения вопросов освежения и создания запасов имущества гражданской обороны осуществляется разработка и реализация внутриведомственных, региональных (областных) и муниципальных целевых программ по гражданской обороне и по защите населения от чрезвычайных ситуаций.

Выдача из запасов средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты для использования по предназначению осуществляется в соответствии с Планом (расчетом) распределения и выдачи средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты, предназначенных для использования в военное время, а также в мирное время при возникновении чрезвычайных ситуаций, обусловленных авариями, катастрофами и стихийными бедствиями (далее - План), к которому должна прикладываться карта.

Для разработки Плана используются следующие исходные данные:

статистические данные о численности населения субъекта Российской Федерации, в том числе по возрастным категориям;

сведения о наличии имущества в запасах;

расчет потребности в средствах индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты для обеспечения населения, рабочих и служащих;

сведения о выделении сил и средств (погрузочно-разгрузочные команды и автотранспорт по количеству и маркам) для обеспечения погрузки и вывоза средств индивидуальной защиты со складов на пункты выдачи и медицинских средств индивидуальной защиты из медицинских организаций;

сведения о количестве и возможностях пунктов выдачи средств индивидуальной защиты, медицинских средств индивидуальной защиты и местах их размещения в городах и районах;

расчеты времени: на погрузку имущества со складов на автотранспорте организаций, независимо от форм собственности, доставку имущества от складов на пункты выдачи и выдачу средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты населению с пунктов выдачи (время движения автотранспортных ко-

лонн, погрузки имущества на автотранспорт и разгрузки на пунктах выдачи, возможности погрузочно-разгрузочных команд, количество и грузоподъемность автотранспорта и временные показатели);

возможности складских помещений по отгрузке (выдаче) средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты получателю в установленные сроки (наличие погрузочных команд, средств механизации, эстакад, аварийного освещения, состояние подъездных путей и другие показатели).

План, разработанный в полном объеме, утверждается решением руководителя органа (организации), создающего запасы в двух экземплярах. Первый экземпляр остается у исполнителя, а второй федеральные органы исполнительной власти направляют в МЧС России, а органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и организации в территориальный орган МЧС России.

Распределение и выдача средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты по номенклатуре и количеству получателям городов и районов производится пропорционально, исходя из наличия средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты на складах и потребностей населения.

В целях сокращения сроков обеспечения населения средствами индивидуальной защиты и медицинскими средствами индивидуальной защиты места хранения запасов должны быть максимально приближены к местам развертывания пунктов их выдачи.

Для обеспечения эвакуируемого населения допускается создание пунктов выдачи средств индивидуальной защиты, в том числе и медицинских средств индивидуальной защиты на сборных эвакуационных пунктах, а также на пунктах посадки на автотранспорт вблизи размещения радиационно, химически и биологически опасных объектов.

Пункты выдачи средств индивидуальной защиты могут создаваться как иные объекты, определенные постановлением Правительства Российской Федерации от 29 ноября 1999 года № 1309 «О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны», с назначением необходимого количества личного состава из спасательных команд (групп), в соответствии с приказом МЧС России от 23 декабря 2005 года № 999 «Об утверждении порядка создания нештатных аварийно-спасательных формирований».

[61]***Использование средств индивидуальной защиты*** организуется и осуществляется в целях защиты личного состава сил РСЧС, населения от поражающих факторов ядерных взрывов, радиоактивных, аварийно химически опасных веществ и биологических средств.

Своевременность использования средств индивидуальной и умелое их применение достигается:

постоянным контролем наличия и исправности средств индивидуальной защиты у личного состава сил РСЧС, населения, на пунктах управления, узлах связи и так далее;

заблаговременной подготовкой и тренировкой личного состава сил РСЧС, населения в пользование этими средствами в различной обстановке;

правильным определением рубежей и времени заблаговременного перевода средств индивидуальной защиты в боевое положение;

установлением момента их снятия.

Средства индивидуальной защиты предназначены для сохранения работоспособности личного состава сил ликвидации последствий ЧС и обеспечения выполне-

[61] Ермаков С.И. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

ния задач в условиях применения оружия массового поражения, а также в условиях воздействия неблагоприятных и поражающих факторов внешней среды, возникающих при разрушениях радиационно- и химически опасных объектов.

Средства индивидуальной защиты подразделяют на средства индивидуальной защиты органов дыхания, средства индивидуальной защиты кожи, а также медицинские средства индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной защиты органов дыхания предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз человека от воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе в виде газов, паров и аэрозолей.

По принципу защитного действия СИЗОД подразделяют на фильтрующие и изолирующие.

В качестве СИЗОД в настоящее время используется большая номенклатура военных, гражданских и промышленных противогазов фильтрующего и изолирующего типов, различные респираторы, обеспечивающие в основном эффективную защиту от вредных аэрозолей и пыли, дополнительные патроны и фильтрующие самоспасатели. Для защиты детей младшего и школьного возраста существуют детские противогазы, а для защиты грудных детей – камеры защитные детские.

Фильтрующие респираторы делятся на противоаэрозольные, противогазовые и противогазоаэрозольные (комбинированные).

Респираторы по своей конструкции достаточно просты, удобны в пользовании, но главным их недостатком является то, что они не обеспечивают защиту глаз и кожных покровов лица от опасных и вредных веществ. Поэтому применение их в условиях чрезвычайных ситуаций существенно ограничено. Практика показывает, что их применение оправдано вне очага аварии при разборке завалов (защита от пыли, аэрозолей и низких концентраций газов и паров вредных веществ) и в промышленности – для защиты органов дыхания от аэрозолей и низких концентраций (5 – 10 предельно допустимых концентраций (ПДК)) паров органических веществ, кислых газов, аммиака, сероводорода, паров ртути и др.

Наиболее высоким уровнем защитных свойств обладают противогазы, к тому же их лицевые части (типа маска или шлем-маска) обеспечивают защиту не только органов дыхания, но также лица и глаз.

Фильтрующие противогазы делятся на общевойсковые, гражданские и промышленные. Для улучшения защитных и эксплуатационных свойств противогазов и расширения области их применения разработаны и широко применяются дополнительные патроны.

Фильтрующие противогазы обеспечивают эффективную защиту органов дыхания, лица и глаз от широкого спектра вредных примесей, включая монооксид углерода, окислы азота и серы и других опасных химических и отравляющих веществ; широкой гаммы органических веществ, в том числе и плохосорбируемых; от часто образующихся при пожарах, авариях техногенного характера кислых газов и паров, в том числе синильной кислоты, фосгена и т. п. Фильтрующие противогазы способны также обеспечить эффективную защиту от пыли, дыма и аэрозолей, в том числе радиоактивных и биологических.

Отдельное положение занимают фильтрующие самоспасатели, предназначенные для экстренного применения в случае пожара, аварий и обеспечивающие выход людей из опасной зоны. Отличительной особенностью этих средств является то, что самоспасатели уже после заводской сборки готовы к действию и не требуют предва-

рительной подготовки к пользованию. Они являются средствами кратковременного одноразового применения.

Выбор СИЗОД в значительной степени зависит от условий, в которых они должны использоваться, в частности от агрегатного состояния вредных веществ в воздухе, их концентрации.

Во-первых, при обосновании выбора СИЗОД должно быть спрогнозировано (реже определено) содержание кислорода в зараженном воздухе. Если содержание кислорода составляет не менее 18 % (по объему), то возможно использование респиратора, фильтрующего противогаза или самоспасателя, а если менее – только изолирующего СИЗОД.

Запрещается использование фильтрующих СИЗОД в следующих случаях:

объемная доля кислорода в воздухе менее 18 %;

в воздухе содержатся вещества, защита от которых не предусмотрена инструкцией по эксплуатации СИЗОД;

в воздухе содержатся низкокипящие и плохо сорбирующиеся органические вещества, такие как метан, этан, пропан, бутан, этилен, ацетилен и др.;

концентрация вредных веществ в зараженном воздухе превышает максимальное значение, предусмотренное инструкцией по эксплуатации СИЗОД;

в воздухе содержатся неизвестные вредные вещества.

Во-вторых, необходимо оценить вероятность попадания капель опасного химического вещества на внешнюю поверхность герметизирующего корпуса лицевой части СИЗОД. Если такая вероятность достаточно велика и вещество по отношению к материалам, из которых выполнены корпус и отдельные узлы лицевой части, химически неагрессивно, т. е. между ними отсутствует химическое взаимодействие, то следует сопоставить продолжительность использования СИЗОД со временем защитного действия по каплям ОХВ.

В случаях, когда материалы корпуса и узлов лицевой части подвержены химическому воздействию паров (газов) и аэрозолей вредных веществ, содержащихся в зараженном воздухе, то необходимо сопоставить время, характеризующее химическую устойчивость материалов, с продолжительностью выполнения работ в аварийных условиях.

Для повышения устойчивости лицевой части к отрицательному воздействию химически агрессивных веществ могут быть использованы капюшоны защитной одежды или экраны из прорезиненных материалов, закрепляемые снаружи на корпусе лицевой части и закрывающие ее.

В-третьих, необходимо сопоставить токсодозы аэрозолей и паров (газов) ОХВ, которые могут поступить в органы дыхания за время работы в зараженной атмосфере в результате проницаемости противоаэрозольного фильтра и подсоса под лицевую часть с предельно допустимой дозой. Для этого потребуется информация о действующих дозах токсичного вещества в зараженном воздухе, как в газообразном состоянии, так и в виде аэрозоля, знание показателей защитных свойств фильтрующего противогаза (коэффициента проницаемости и коэффициента подсоса) или изолирующего СИЗОД (коэффициента подсоса), а также соответствующих характеристик токсичности ОХВ.

Если определенное таким образом количество ОХВ, которое может поступить в органы дыхания, больше предельно допустимой дозы, то возможно использование только изолирующего СИЗОД с избыточным давлением в подмасочном пространстве

лицевой части на фазе вдоха.

В-четвертых, необходимо оценить время защитного действия коробки фильтрующего противогаза по парам веществ и сопоставить его с продолжительностью выполняемых работ. Если время защитного действия больше продолжительности предполагаемой работы, то возможно использование фильтрующего противогаза, а если нет – то только изолирующего СИЗОД.

Изолирующие СИЗОД необходимо использовать также во всех случаях, когда вещество не удается идентифицировать и неизвестны другие условия.

Таким образом, средства защиты органов дыхания изолирующего типа могут применяться в условиях недостатка кислорода и независимо от концентрации любых вредных веществ в зараженном воздухе. За исключением шланговых противогазов необходимый для обеспечения дыхания человека запас воздуха (кислорода) находится в изолирующих дыхательных аппаратах и изолирующих самоспасателях. Их действие может быть основано на использовании:

химически связанного кислорода;

сжатого кислорода;

сжатого воздуха.

С этим связаны особенности конструкции отдельных типов изолирующих дыхательных аппаратов и схемы дыхания.

К *средствам индивидуальной защиты кожи* относятся средства, заменяющие или дополняющие обычную одежду и предназначенные для защиты кожных покровов человека от вредных веществ, действующих на кожу (вещества кожно-нарывного действия), и веществ, вредно действующих на организм человека через кожу (вещества кожно-резорбтивного действия).

К СИЗК относят защитную одежду фильтрующего и изолирующего типа, изготовленную из фильтрующих и изолирующих материалов соответственно.

Использование средств индивидуальной защиты кожи совместно с СИЗОД объясняется тем, что многие ОХВ наряду с ингаляционным поражающим действием оказывают также кожно-нарывное и кожно-резорбтивное действие.

В зависимости от принципа боевого использования и кратности применения СИЗК подразделяют на средства постоянного и периодического ношения, средства однократного и многократного применения.

При обосновании выбора СИЗК, за исключением прогнозирования (возможного) содержания кислорода в зараженном воздухе, необходима информация, аналогичная той, которая используется и при выборе СИЗОД с учетом особенностей реализации основных принципов защиты кожных покровов человека.

Во-первых, необходимо оценить вероятность попадания капель ОХВ на внешнюю поверхность защитной одежды. Если такая вероятность достаточно велика, то необходимо кроме защитных перчаток и сапог (чулок) использование защитных курток и брюк (комбинезонов, плащей).

Если вещество по отношению к материалам, из которых изготовлены изделия, входящие в состав защитного комплекта или костюма, химически инертно, т. е. между веществом и защитным материалом химическое взаимодействие отсутствует, то сопоставляется продолжительность использования СИЗК со временем защитного действия по каплям ОХВ.

В случаях, когда защитные материалы подвержены химическому воздействию паров (газов) и аэрозолей агрессивных веществ, содержащихся в зараженном воздухе,

то продолжительность использования СИЗК сопоставляется со временем, характеризующим химическую устойчивость защитных материалов.

Для придания прорезиненному материалу универсальности (чтобы добиться расширения возможности использования СИЗК для защиты от большего числа ОХВ) и увеличения времени защитного действия по каплям, применяются многослойные покрытия из различных полимеров. При этом удается также уменьшить проявление недостатков отдельных полимеров и полнее использовать их достоинства.

Во-вторых, необходимо сопоставить дозы аэрозолей и паров (газов) ОХВ, которые могут поступить в подкостюмное пространство за время работы в зараженной атмосфере в результате проникания по местам сочленения составных частей защитного костюма (комплекта) изолирующего типа, с токсодозами при кожно-резорбтивных (кожно-нарывных) поражениях. Для этого потребуется информация о действующих дозах токсичного вещества в зараженном воздухе как в газообразном состоянии, так и в виде аэрозоля, знание значения коэффициента подсоса в подкостюмное пространство, а также соответствующих характеристик токсичности ОХВ. Если определенное таким образом количество ОХВ, которое может поступить в подкостюмное пространство за время работы, больше предельно допустимых доз, то необходимо использование СИЗК изолирующего типа с поддувом (с избыточным давлением под костюмом) или под изолирующий костюм (комплект) надевать защитное белье (соответствующие СИЗК фильтрующего типа).

Зная значение коэффициента, характеризующего не герметичность подкостюмного пространства, можно оценить допустимое время использования изолирующих СИЗК и планировать продолжительность работ, не превышающих это время.

В-третьих, при оценке возможности использования защитной одежды фильтрующего типа необходимо сопоставление действующих доз концентраций паров и аэрозолей вредных веществ в зараженном воздухе, возможной плотности заражения каплями наружного слоя и вероятность подсоса в подкостюмное пространство с соответствующими характеристиками конкретных образцов.

В-четвертых, во всех случаях, когда отсутствуют соответствующие СИЗК фильтрующего типа, не удается идентифицировать вещество, неизвестны условия заражения или недостаточна необходимая информация, допускается использование только СИЗК изолирующего типа повышенной герметичности, в том числе и с поддувом подкостюмного пространства.

К СИЗ, используемым в аварийной обстановке при пожаре на объекте, предъявляются дополнительные требования по устойчивости к воздействию интенсивного теплового излучения и открытого пламени.

В этих условиях СИЗ должны обеспечивать заданную термозащиту, а материалы, из которых изготавливаются СИЗОД и СИЗК, должны обладать определенной термостойкостью и негорючестью.

В состав комплекса СИЗ может входить автономная система жизнеобеспечения, позволяющая обеспечивать терморегуляцию тела человека при повышенных температурах (до 200 °C).

Спасатели в зонах химического, биологического заражения и радиоактивного загрязнения, как правило, применяют комплексы средств индивидуальной защиты, включающие СИЗОД и СИЗК. Комплексы СИЗ, в зависимости от принципов действия и условий использования, подразделяются на три типа, различающиеся по уровням защитных свойств.

Комплекс СИЗ первого типа предназначен для работ, проводимых в условиях максимально возможных концентраций аварийно химически опасных веществ (АХОВ), контакта с жидкой фазой веществ и воздействии открытого пламени. Рекомендуется для использования непосредственно на аварийном объекте или вблизи него на расстояниях менее 50 м от источника заражения.

Комплекс СИЗ второго типа – для работ, проводимых при возможных концентрациях АХОВ на два-три порядка меньше максимальных; рекомендуется для использования спасателями в радиусе 50 – 500 м от источника заражения.

Комплекс СИЗ третьего типа – для работ, проводимых при возможных концентрациях веществ на четыре-пять порядков ниже максимальных; рекомендуется использовать для защиты спасателей на расстояниях 500 – 1000 м и более от источника заражения.

В составе комплекса СИЗ первого типа должны предусматриваться СИЗК и СИЗОД повышенной герметичности, обеспечивающие защиту при обливе и воздействии больших концентраций опасных химических веществ.

Допускается использование комплекса с автономной системой жизнеобеспечения и без нее.

В состав комплекса СИЗ второго типа должны входить защитные изолирующие костюмы, СИЗОД изолирующего и фильтрующего типа. Для кратковременной защиты от АХОВ и выхода из зоны заражения в составе комплексов СИЗ первого и второго типов должны предусматриваться также средства аварийного спасания (самоспасатели). Допускается возможность использований СИЗОД комбинированного (фильтрующе-изолирующего) типа.

Комплекс СИЗ третьего типа должен состоять из фильтрующих СИЗ. В его состав могут входить также респиратор, защитный фильтрующий костюм.

[62]*Медицинские средства индивидуальной защиты и их применение*

Медицинская защита — это комплекс организационных, лечебно-профилактических, санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предотвращение или ослабление воздействия на население и личный состав спасательных формирований поражающих факторов источников ЧС различного характера. Для подготовки населения к медицинской защите на период военного времени проводится: создание медицинских формирований и учреждений МС ГОЗ и ВСМК и обеспечение их готовности к работе в условиях военного времени; накопление средств медицинской защиты и резервов медицинского имущества для населения и спасательных формирований; обучение населения и спасателей к оказанию первой медицинской помощи; проведение комплекса санитарно-противоэпидемических мероприятий (создание грунд-иммунитета у населения), разработка режимов поведения населения в зонах радиоактивного загрязнения, химического и биологического заражения.

Характер мероприятий медицинской защиты определяется видом и масштабами последствий от примененного противником оружия.

К средствам медицинской защиты относятся профилактические и лечебные препараты, материалы и специальные средства.

Средства профилактики лучевых поражений включают: радиопротекторы, комплексоны, адсорбенты и адаптогены.

[62] Лобанов А.И., Ткаченко Т.Е. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

Для профилактики радиационных поражений кожи применяются защитные пасты. Для оказания медицинской помощи пораженным ионизирующим излучением и их лечения применяются средства ранней патогенетической терапии, купирования первичной реакции, профилактики и лечения инфекционных осложнений и геморрагического синдрома, а также стимуляторы центральной нервной системы.

Антидоты (противоядия) от отравляющих и аварийно химически опасных веществ. Универсальных антидотов не существует, поэтому при поражениях различными видами ОХВ применяются специфические антидоты отравляющих веществ: нервно-паралитических, оксида углерода, раздражающих веществ, цианидов, люизита и психомиметических ОВ типа BZ.

При поражении ОВ введение антидота в порядке само- и взаимопомощи наиболее эффективно в первые минуты после появления признаков интоксикации и практически не предупреждает развитие тяжелой формы отравления, при использовании спустя 5-10 мин. В более поздние сроки применение антидота не эффективно.

Средства медицинской защиты от биологических средств поражения включают: средства экстренной неспецифической профилактики (антибиотики и сульфаниламидные препараты широкого спектра действия, интерфероны) и средства специфической профилактики (антибиотики или антимикробные препараты направленного действия, сыворотки, анатоксины, вакцины, бактериофаги).

К средствам медицинской защиты относят перевязочные, обезболивающие средства и дегазирующие вещества.

Медицинские средства индивидуальной защиты и оказания первой помощи

Химические, химиотерапевтические, биологические препараты и перевязочные средства, предназначенные для предотвращения или ослабления воздействия на одного человека поражающих факторов источника ЧС и используемые либо самостоятельно, либо в порядке взаимопомощи включены в состав *медицинских средств индивидуальной защиты*.

Перечень и количество медицинского имущества, предусмотренного для оснащения спасательного формирования в соответствии с его предназначением и учетом оказания установленного вида медицинской помощи определенному количеству пораженных в указанные сроки включается в табель и называется табельным. К табельным медицинским средствам индивидуальной защиты относятся:

комплект медицинский индивидуальный медицинский гражданской защиты «Юнита»;

индивидуальный противохимический пакет (ИПП-10. 11);

профилактический антидот П-10 М.

В соответствии с Приказом МЧС России от 1.11.06 г. № 633 и приказа Минздрава РФ от 15.02.2013 № 70н. «Требования к комплектации лекарственными препаратами и медицинскими изделиями комплекта индивидуального медицинского гражданской защиты (КИМГЗ) для оказания первичной медико-санитарной помощи и первой помощи» на снабжение формирований ГО и населения в качестве табельного оснащения принят новый комплект индивидуальный медицинский гражданской защиты (КИМГЗ).

Применение медицинских средств индивидуальной защиты в комплексе с другими способами защиты населения позволит избежать или сократить численность потерь среди населения и личного состава формирований ГО от поражающих факторов в период военных действий от современного оружия.

Накопление медицинских средств индивидуальной защиты в мирное время осуществляется путем закладки их в мобилизационный резерв и создания запасов в объектах экономики. Снабжение медицинскими средствами индивидуальной защиты ведется децентрализованно и централизованно. Оплата индивидуальных противохимических пакетов, накапливаемых в мобилизационном резерве, производится за счет средств федерального бюджета. Оплата медицинских средств индивидуальной защиты, накапливаемых в запас объектов экономики, производится за счет средств предприятий, организаций и учреждений. Выдача МСИЗ из мобилизационного резерва производится по решению Правительства Российской Федерации, а из запасов объектов экономики – по решению руководителей объекта в установленном порядке.

Мероприятия по медицинской защите при угрозе возникновения массовых заболеваний и отравлений среди населения включают проведение экстренной общей профилактики, экстренной специальной профилактики, применение современных средств иммунной защиты и личной профилактики, вакцинацию населения, организацию и проведение санитарно-эпидемиологического надзора.

7.5. Повышение устойчивости функционирования организаций, необходимых для выживания населения[63]

Проблема повышения устойчивости функционирования отраслей и объектов экономики в ЧС как мирного, так и военного времени привлекает внимание исследователей уже не один десяток лет. Особенностью и первопричиной возникшей проблемы явилось явное несоответствие между необходимостью сохранения жизни и здоровья людей, материальных и духовных ценностей, созданных и накопленных человечеством, и реальной угрозой их уничтожения во время войны.

В 70–80–е годы XX века исследование проблемы повышения устойчивости приобрело значительные масштабы, охватило основные территориальные и отраслевые звенья экономики. В этот период была создана достаточно разветвленная система научно–исследовательских организаций, проводились опытно–исследовательские учения ГО для разработки различных аспектов проблемы, актуальность которой на нынешнем этапе развития еще более возрастает. Результатом этой работы было принятое 30 марта 1979 г. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Общие требования повышения устойчивости функционирования народного хозяйства в военное время». Этот документ устанавливал основные понятия, направления по повышению устойчивого функционирования в военное время и перечень должностных лиц в данной области.

Начиная с 1993 года в результате все большего возрастания количества аварий и катастроф на территории РФ решение проблемы устойчивости функционирования отраслей и объектов экономики приобрело не только военный характер, но и аспекты мирного времени. То есть после выхода из строя наиболее значимых объектов для экономики государства (Чернобыльская АЭС) происходили срывы в жизнеобеспечении населения городов, что ставило под угрозу их жизнь и здоровье, а также функционирование отдельных предприятий, имеющих мобилизационные задания на военное время. Результатом этого явилась разработка в 1993 году во ВНИИ ГОЧС «Общих требований по повышению устойчивости отраслей промышленности, транспорта,

[63] Тугушов К.В., Лебедев А.Ю. Каф. 71 «Устойчивости экономики и систем жизнеобеспечения»

энергетики и сельскохозяйственного производства в ЧС», где определялись направления по ПУФ с учетом уже ЧС мирного характера.

В настоящее время важность и актуальность решения проблемы повышения устойчивости функционирования отраслей и объектов экономики обусловливается следующими основными обстоятельствами:

угрозой развязывания новой войны;

продолжающимся совершенствованием средств вооруженной борьбы;

высокой степенью риска возникновения аварий и катастроф;

масштабными опасными природными процессами;

угрозой террористических актов.

Особенности понятия устойчивости функционирования заключаются в предназначении каждого из территориального элемента и учете различных условий мирного и военного времени. Так, в масштабах всего государства экономика должна обладать способностью удовлетворять потребности общества в сфере защиты его от внешних и внутренних угроз.

Территория должна создавать благоприятные условия (обеспечивать) для жизнедеятельности населения и функционирования предприятий на данной территории. Отрасли и объекты экономики, в свою очередь, должны быть готовы к непосредственному производству заданной продукции или оказывать услуги.

Устойчивость функционирования объекта в мирное время – способность в условиях возникновения опасностей, вызванных источниками природного и антропогенного характера, производить продукцию в установленных номенклатуре, объеме и сроках (для отраслей и объектов непроизводственной сферы – способность выполнять заданные функции) с целью обеспечения жизнедеятельности рабочих, служащих и населения на соответствующих предприятиях и населенных пунктах.

Устойчивость функционирования объекта в военное время – способность в условиях военного времени производить продукцию в установленных номенклатуре, объеме и сроках (для отраслей и объектов непроизводственной сферы – способность выполнять заданные функции), а также обеспечивать жизнедеятельность рабочих и служащих на соответствующих предприятиях.

Подготовка экономики, территории, отрасли, объекта к устойчивому функционированию в ЧС мирного и военного характера – *комплекс* научных, финансово–экономических, организационных, инженерно–технических, специальных и технологических мероприятий, проводимых силами отрасли или ОЭ и привлекаемых организаций в интересах достижения бесперебойной работы производственно–хозяйственных связей, соответствующего выпуска продукции (оказания услуг) и обеспечения в полной мере жизнедеятельности населения в ЧС.

Чтобы добиться выполнения этих мероприятий, еще в мирное время должна проводиться подготовка отраслей и объектов к бесперебойному функционированию в ЧС.

Комплекс необходимых мероприятий включает в себя:

научные (исследование, изучение данных, оценка эффективности, расчеты, математическое обоснование, моделирование возможных последствий);

финансово–экономические (технико–экономическое обоснование, определение основных дестабилизирующих факторов);

организационные (анализ производственных связей и системы управления, определение исполнителей, подготовка сил и средств, планирование действий руководящего состава, органов управления РСЧС и ГО, служб и формирований по защите

рабочих и служащих предприятий, проведению АСДНР, восстановлению производства, а также по выпуску продукции на сохранившемся оборудовании);

инженерно–технические (формирование инженерно–технических решений по защите населения, рабочих и служащих, упрочнения конструкций и сооружений, защите технологического оборудования и коммунально–энергетических систем);

специальные (выявление особенностей выполнения мероприятий с учетом вида отрасли или объекта экономики, оптимизация решений по силам и средствам, материально–техническое обеспечение);

технологические (изменение технологического режима, определение наиболее уязвимых элементов, выявление основных опасностей, обоснование использования систем защиты).

Обеспечению устойчивости работы в основном подлежат те отрасли и объекты, которые выполняют важные функции по работе ВПК, по формированию продовольственных запасов и обеспечению жизнедеятельности населения в ЧС. Важность какой–либо отрасли или объекта определяется потребностями военных структур в чрезвычайных условиях и жизненно важными условиями существования человека, что позволяет отнести их к одной из категорий по ГО. Поэтому возникает необходимость пристального внимания со стороны государственных органов власти по обеспечению заблаговременной подготовки к устойчивому функционированию именно в первую очередь перечисленных элементов экономики с учетом влияния внутренних и внешних факторов.

Факторами, влияющими на устойчивость функционирования отраслей и объектов экономики, являются:

надежность защиты населения и производственного персонала;

способность инженерно–технического комплекса противостоять в определенной степени ударной волне, световому излучению и радиации;

защищенность объекта от вторичных поражающих факторов (пожаров, взрывов, затоплений, заражения ОВ и ОХВ);

надежность системы снабжения всем необходимым для обеспечения производства и производства продукции (сырьем, топливом, комплектующими изделиями, электроэнергией, водой, газом и т. п.) – нарушение производственно–хозяйственных связей;

устойчивость и непрерывность управления производством;

подготовленность объекта к ведению АСДНР и работ по восстановлению нарушенного производства;

угроза эпидемий;

опасные природные процессы;

угроза диверсий;

необходимость перестройки производства под выпуск продукции военного времени;

необходимость корректировки планов в соответствии с обстановкой;

необходимость подвоза рабочих смен из загородной зоны;

дефицит времени на проведение мероприятий;

неукомплектованность руководящим составом органов управления;

привлечение неквалифицированных рабочих;

мобилизационные мероприятия;

недостаток транспорта;

сложность подготовки специалистов;

недостаток финансовых, материальных ресурсов;

дефицит рабочих и служащих;

ограниченность в энергоресурсах.

Указанные факторы определяют основные направления ПУФ отраслей и объектов в условиях ЧС мирного и военного характера.

Основные направления, в зависимости от рассматриваемого элемента экономики, представлены на рис. 7.2. Каждое из представленных направлений имеет, в свою очередь, совокупность мероприятий, которые необходимы для выполнения.

В масштабе страны / **Территориальные звенья**

1. Предупреждение ЧС
2. Обеспечение защиты населения и его жизнедеятельности
3. Рациональное размещение основных производительных сил на соответствующих территориях
4. Подготовка к работе в ЧС экономики
5. Подготовка к выполнению работ по восстановлению экономики
6. Подготовка системы управления экономикой к устойчивой работе

Отрасли / **Объекты**

1. Предупреждение ЧС
2. Обеспечение защиты рабочих и служащих и их жизнеобеспечение
3. Рациональное размещение основных производственных фондов
4. Подготовка к работе в ЧС
5. Подготовка к выполнению работ по восстановлению
6. Подготовка системы управления к устойчивой работе

Рис. 7.2. Направления по ПУФ экономики, территорий, отраслей и объектов

По основным направлениям разрабатываются и осуществляются мероприятия по повышению устойчивости:

в территориальных звеньях с учетом природных, экономических и других особенностей этих звеньев;

в отрасли экономики – по отрасли в целом, по ее подведомственным объединениям и объектам с учетом специфики их деятельности и перспектив дальнейшего развития;

на объекте экономики.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 26 ноября 2007 г. № 804 «Об утверждении Положения о гражданской обороне в Российской Федерации» основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с разработкой и осуществлением мер, направленных на сохранение объектов, необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время, являются:

создание и организация работы в мирное и военное время комиссий по вопросам повышения устойчивости функционирования объектов экономики;

рациональное размещение населенных пунктов, объектов экономики и инфраструктуры, а также средств производства в соответствии с требованиями строительных норм и правил осуществления инженерно-технических мероприятий гражданской обороны;

разработка и проведение мероприятий, направленных на повышение надежности функционирования систем и источников газо-, энерго- и водоснабжения;

разработка и реализация в мирное и военное время инженерно-технических мероприятий гражданской обороны;

планирование, подготовка и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ на объектах экономики, продолжающих работу в военное время;

заблаговременное создание запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, необходимых для сохранения и (или) восстановления производственного процесса;

создание страхового фонда документации;

повышение эффективности защиты производственных фондов при воздействии на них современных средств поражения.

Мероприятия по повышению устойчивости функционирования экономики и ее звеньев разрабатываются и осуществляются, в основном, заблаговременно, а также с учетом перспектив развития и совершенствования способов и средств поражения экономики в военное время, возможных последствий крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий в мирное время.

Мероприятия, которые по своему характеру не могут быть осуществлены заблаговременно, проводятся в возможно короткие сроки в ЧС (например, эвакомероприятия, изменения технологических режимов работы, производственных связей, структуры управления и др.).

Мероприятия по повышению устойчивости функционирования отраслей экономики, требующие капиталовложений и материально–технических средств, предусматриваются в планирующих документах. Мероприятия по повышению устойчивости функционирования экономики и ее звеньев, включенные в план экономического и социального развития, рекомендуется выделять в отдельное приложение, которое может называться планом по повышению устойчивости функционирования экономики (отрасли).

Общая схема организации работы руководства и ответственных исполнителей по ПУФ представляет собой 4 блока мероприятий, включающих в себя: нормативно–правовой (принятие новых законов и иных правовых актов, доработка старых документов с учетом новых аспектов, организация контроля и надзора за исполнением нормативных актов), исследовательский (выявляются «слабые», «узкие» места в деятельности звена экономики и предприятий; выработка предложений по устранению проблемных вопросов, обобщение данных), проверка и оценка (анализ предлагаемых мероприятий на эффективность и выбор наиболее целесообразных решений; оценка устойчивости функционирования), реализация (отработка механизмов регулирования исполнения нормативных документов и осуществления мероприятий по ПУФ, жесткий контроль и надзор, финансовая экспертиза).

Решение проблемы ПУФ отраслей и объектов экономики соответствующими исполнителями должно выражаться в документальном виде. Только тогда выполнение каких–либо мероприятий приобретает обоснованный и законный характер.

В качестве основных рекомендаций по ПУФ отраслей и объектов экономики для органов управления и должностных лиц можно выделить:

проведение специальных исследований по содержанию проблемы;

разработка программ финансирования, в рамках которой предусмотреть выделение оптимального размера финансовых ресурсов предназначенных для реконструкции (ремонта) объектов, в наибольшей мере подверженных воздействию поражающих факторов;

комплексное развитие экономических районов;

расширение и совершенствование ВПК и промышленных узлов;

укрепление производственно–хозяйственных связей;

приближение перерабатывающих предприятий к источникам сырья;

активное использование местных сырьевых и энергоресурсов, а также вторичных и попутных производств (сокращает объем перевозок);

развитие малых и средних городов, рабочих поселков, размещение в них небольших специализированных предприятий, филиалов, цехов.

Мероприятия по повышению устойчивости функционирования топливно-энергетического комплекса

Требования, предъявляемые к объектам электроэнергетики

Россия единственная крупная страна, потребности которой в энергии удовлетворяются за счет собственных ресурсов.

Важнейшим приоритетом современной энергетической политики России является повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и создание необходимых условий для перевода экономики на энергосберегающий путь развития с учетом особенностей функционирования государства в военное время.

Соблюдение такого приоритета будет способствовать устойчивому обеспечению страны энергоносителями различных отраслей экономики, которые наиболее важны в военное время, уменьшению негативного воздействия объектов энергетики на окружающую природную среду, поддержание потенциала топливно–энергетического комплекса в ЧС.

Учитывая особую роль ТЭК в обеспечении устойчивости функционирования всех звеньев экономики страны в условиях ЧС, важное значение имеет реализация специальных требований по повышению устойчивости его функционирования.

Электроэнергетике страны принадлежит важная роль в устойчивом функционировании всего народнохозяйственного комплекса страны. От ее надежной работы зависит деятельность любого звена народного хозяйства. Экономика страны опирается на мощную энергетическую базу, объединенную в единую энергосистему России (в данную энергетическую систему не входит только энергосистема Дальнего Востока).

Непременным условием устойчивости электроэнергетики является рациональное сочетание в строительстве тепловых, гидравлических и атомных станций. Сейчас основой электроэнергетики России являются тепловые электростанции, на долю которых приходится более 60 % установленной мощности и производство электроэнергии.

При возникновении ЧС характерны резко переменные режимы работы электростанций по частоте и напряжению. В этих условиях высокое значение имеют гидравлические, дизельные, гидроаккумулирующие электростанции.

В нашей стране постоянно уделялось внимание развитию электроэнергетики. Большой опыт работы накоплен по повышению устойчивости работы топливно–энергетического комплекса и объектов электроэнергетики, в т.ч. и в рамках ГО.

В подготовке ТЭК и объектов электроэнергетики к работе в чрезвычайных условиях основная ответственность возлагается на соответствующие министерства и ведомства. Однако непосредственно в муниципальных образованиях за работу объектов и систем, входящих в ТЭК, эту ответственность несут и местные органы управления. Подготовка должна быть направлена на обеспечение экономики страны и, прежде всего, ответственных потребителей необходимым количеством электроэнергии, в срок и без сбоев.

С целью подготовки электроэнергетики страны предусматривается: создание резерва энергетических мощностей, прежде всего, путем строительства дополнитель-

ных защищенных электростанций. Для городов и объектов, расположенных по берегам судоходных рек и водоемов в качестве резерва энергомощностей могут быть использованы силовые установки судов, земснарядов, плавучих кранов и других плавсредств. При этом следует лишь оборудовать и содержать в готовности к использованию береговые устройства для приема и передачи энергии к потребителям.

В качестве резерва энергомощностей могут и должны использоваться выводимые из эксплуатации мелкие ведомственные, колхозные электростанции и котельные, которые не используются в единой централизованной или местной системе электро– и теплоснабжения. Резерв энергомощностей может быть образован также путем пополнения парка передвижных электростанций и подстанций на железнодорожном и автомобильном ходу, использования в качестве генераторов электроэнергии синхронных двигателей, применяемых для различных нужд в народном хозяйстве, с приводом от автомобилей, тракторов и т. п.

Целесообразно взять на учет и планировать использование в ЧС передвижные источники энергоснабжения, имеющиеся в строительных организациях, леспромхозах, в сельском хозяйстве, на транспорте.

С учетом возможного выхода из строя в ЧС отдельных электростанций, линий электропередач, подстанций и потребителей электроэнергии заблаговременно проводятся подготовительные работы, составляются графики по оперативному отключению при необходимости менее ответственных потребителей для того, чтобы обеспечить энергией наиболее ответственные объекты (предприятия оборонной промышленности, транспорта, связи, городского хозяйства, здравоохранения, шахты и т. п.).

В этой связи все заинтересованные органы управления отраслей экономики области определяют перечень ответственных потребителей с тем, чтобы районные энергетические управления предусмотрели необходимые меры по обеспечению надежного снабжения таких потребителей в ЧС.

В категорированных городах предусматривается преимущественное развитие подземных кабельных электросетей вместо воздушных. Основные топливопотребители (тепловые электростанции, котельные) заблаговременно готовятся к работе на резервных видах топлива, поддерживается на должном уровне техническая готовность для перехода с одного вида топлива на другой, систематически проводятся тренировки с персоналом и выживания населения.

Целесообразно на различных учениях и тренировках при отработке вопросов устойчивости практиковать переход таких объектов на работу с использованием резервных видов топлива.

В тех областях, где имеется возможность, следует шире использовать возобновляемые источники энергии – гидравлические, солнечные, ветровые, приливные, геотермальные. В нашей стране имеется более 60 крупных геотермальных источников. Положительный опыт использования геотермальных вод имеется, например, в Омане, на Камчатке. Подземные горячие источники имеются во многих областях. Стоимость отопления горячими водами, даже с учетом затрат на бурение скважин, в несколько раз ниже, чем при использовании твердого и жидкого топлива.

Таким образом, основными требованиями, предъявляемыми к электроэнергетике и ее объектам являются:

создание резервов энергетических мощностей;

замена воздушных ЛЭП кабельными;

увеличение парка передвижных электростанций;

строительство устройств для приема электроэнергии от судовых электроустановок;

создание нормативных резервов топлива по углю и мазуту;

повышение надежности работы оборудования электростанций и предприятий электрических сетей (замена выслужившего сроки оборудования, его ремонт, монтаж нового оборудования и др.);

поддержание защитных сооружений в готовности к приему укрываемых, работающих на предприятии;

накопление запасов средств индивидуальной защиты;

создание запасов материальных ценностей для ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера;

обеспечение перевода электростанций на использование резервных видов топлива при ограниченном или полном прекращении подачи газа;

совершенствование работы диспетчерских пунктов управления, подготовка к работе в ЧС.

Выполнение этих требований достигается решением следующих задач:

увеличение энергетического потенциала на основе технически прогрессивного оборудования (что очень затруднено в настоящее время в связи с трудным экономическим положением страны);

перевооружение электростанций (замена устаревшего оборудования современным);

совершенствование ремонтного обслуживания и повышение уровня эксплуатационного оборудования (неравномерность суточной нагрузки и др.);

целенаправленная работа по снижению потерь в сетях при передаче энергии (теряется 8–9 %);

сокращение расхода электроэнергии на собственные нужды электростанций;

комбинированное производство электроэнергии и тепла на теплоэлектроцентралях;

использование вторичных энергоресурсов;

создание и внедрение в энергоемких отраслях промышленности комбинированных технологических процессов, исключающих потерь тепла;

совершенствование организационных схем управления электроснабжения и особенно теплоснабжения в территориальном разрезе.

С учетом особой роли энергетики в обеспечении устойчивости функционирования всех звеньев экономики страны в условиях ЧС необходимо на ее объектах осуществлять инженерно–технические и организационные мероприятия, предусматривающие:

распределение энергоисточников по районам и потребителям;

внедрение кабельных сетей для электроснабжения особо важных объектов;

кольцевание отдельных энергосистем, обеспечение разделения их на независимо работающие подсистемы;

устройство в сквозных коридорах и потернах между секциями ГЭС перегородок, снабженных герметическими дверьми, для защиты от затопления помещений ГЭС;

организацию технологического цикла тепловых электростанций с соблюдением норм предельно допустимых выбросов в атмосферу и сбросов сточных вод в природные водоемы;

регулирование стока воды из водохранилища;

создание запасов материалов для укрепления стенок плотины ГЭС;

обеспечение транзитного пропуска через плотины гидроузлов прорывной волны от расположенного выше гидроузла;

подготовку к проведению аварийных работ и предотвращению прорыва плотин ГЭС;

обеспечение производственного персонала ГЭС плавсредствами;

создание резервных энергетических мощностей за счет передвижных электростанций, определение порядка их использования;

создание береговых устройств для приема электроэнергии от судовых установок в населенных пунктах, расположенных на берегах морей и рек в случае аварии на энергообъектах;

внедрение эффективных устройств для прогрева или плавки гололеда на воздушных линиях электропередач в районах с повышенными гололедно–ветровыми нагрузками;

подготовку к оперативному отключению второстепенных потребителей;

подготовку энергосистем к работе по специальным режимам в условиях ЧС;

подготовку к работе на резервных видах топлива за счет местных ресурсов;

обеспечение возможности подачи электроэнергии к шлюзам на магистральных водных путях от передвижных источников питания.

Учитывая особую роль ТЭК в обеспечении устойчивости функционирования территорий и объектов экономики, важнейшее значение имеет реализация требований по повышению устойчивости работы предприятий отраслей ТЭК и соблюдение требований Норм проектирования инженерно–технических мероприятий ГО. Такие требования по ПУФ должны соблюдаться всеми объектами, вне зависимости от форм собственности.

Особые требования при этом должны предъявляться к объектам, относящимся к одной из категории по ГО. Пристальное внимание должно уделяться наиболее опасным, с точки зрения безопасной работы, из них – атомным станциям.

Это позволит повысить эффективность выполняемых мероприятий в военное время, направленных на организацию жизнедеятельности категорированных городов, жизнеобеспечение населения и обеспечение военной безопасности государства.

Выполнение общих и специальных требований по повышению устойчивости на всех объектах ТЭК является важнейшей задачей государства в обеспечении оборонного потенциала страны.

Требования, предъявляемые к объектам нефтяной, газовой и угольной отрасли

Предприятия нефтяной, газовой и угольной промышленности являются составной частью топливно–энергетического комплекса, которые обеспечивают устойчивое функционирование всех отраслей, в т.ч. и электроэнергетики.

В целях повышения устойчивости функционирования отраслей нефтяной, газовой и угольной промышленности в условиях ЧС необходимо предусматривать выполнение следующих требований:

перераспределение в условиях ЧС ресурсов нефти и газа по направлениям, объемам и потребителям;

создание перемычек и кольцевание магистральных нефтегазопроводов с существующими и строящимися нефтегазопроводами;

ограничение объема транспортировки нефти в одном техническом коридоре;

резервирование и повышение устойчивости подводных переходов через крупные реки;

разработку и применение надежной системы противокоррозийной защиты оборудования;

размещение подземных хранилищ нефти и газа вне зон опасных природных явлений;

подземную прокладку трубопроводов через автомобильные и железнодорожные коммуникации;

размещение технологических установок нефтеперерабатывающих производств на открытых площадках или под легкими огнестойкими покрытиями;

размещение на газотранспортной линии поочередно компрессорных станций с электропроводом и с газотурбинными агрегатами;

создание аварийного неснижаемого запаса труб различных диаметров и запорной арматуры;

оборудование объектов байпасирующими устройствами и клапанами–отсекателями (запорной арматурой), установленными в защищенных колодцах или в земле с обвалованием;

подземное хранение сжиженных газов и хранение их в отвержденном состоянии, применение флегматизаторов при хранении и транспортировке особо взрыво– и пожароопасных газов;

регулярный контроль за герметичностью трубопроводов и технологических систем;

подготовку технологического оборудования и создание запасов взрывчатых веществ для тушения пожаров на нефтяных (газовых) скважинах направленным взрывом;

создание автоматических систем обнаружения утечки опасных веществ и экстренного отключения аварийных участков, магистральных газопроводов и компрессорных станций.

Особыми требованиями по повышению устойчивости функционирования, предъявляемыми к объектам нефтяной, газовой и угольной промышленности, являются следующие.

Особые требования, предъявляемые к объектам нефтяной промышленности:

традиционная устьевая арматура заменяется на малогабаритные (физическая устойчивость повышается в 4–5 раз);

использование новых буровых установок с высокой монтажеспособностью;

разработка упрощенных технологических схем сбора и подготовки нефти и газа на случай аварий или других ЧС;

использование автономных насосных установок при выходе из строя насосных станций;

прокладка нефтепроводов в обход крупных городов и объектов;

установка клапанов–отсекателей на скважинах.

Особые требования, предъявляемые к объектам газовой промышленности:

установка клапанов–отсекателей на скважинах;

подготовка газа по упрощенной схеме;

хранение газа в подземных емкостях, увеличение объема хранилищ;

использование автономных передвижных газотурбинных электростанций, работающих на природном газе.

Для достижения указанных требований к объектам газового хозяйства должны выполняться следующие мероприятия.

1. Предотвращение аварийных ситуаций на продуктопроводах:

снижение рабочего давления в трубопроводах для обеспечения и безаварийной эксплуатации;

замена выслуживших амортизационные сроки труб газопровода;

вынос участков газопроводов из зон, где имеются жилые постройки, садово–огородные участки и другие нарушения охранной зоны газопровода.

2. Работы по поддержанию магистральных газопроводов и газопроводов–отводов, газового хозяйства домовых обходов в исправном состоянии, работы по повышению надежности и безопасности эксплуатации, аварийно–восстановительные работы.

3. Выполнение водолазного обследования, восстановление береговых укреплений, водоотводных каналов, устранение разрывов и др. работы на переходах через реки, ручьи и овраги.

4. Осмотр мест пересечения магистральных газопроводов с железными и автомобильными дорогами, определение состояния вытяжных свечей, выполнение ремонтных работ.

5. Пополнение аварийного запаса труб.

6. Выполнение огневых работ линейно–эксплуатационной службой на магистральных газопроводах, газопроводах–отводах.

7. Обследование и выполнение капитального ремонта на переходах через автомобильные и железные дороги, через реки и водохранилища, ремонтные работы на воздушных переходах.

8. Обследование и выполнение ремонтных работ контрольно–измерительных приборов и арматуры, выполнение профилактическо–предупредительных работ.

9. Монтаж горизонтальной и глубинной анодной защиты, внедрение системы телеконтроля потенциала «труба–земля», ремонтные работы и установка радиомачт для обеспечения устойчивой связи на участках магистральных газопроводов и др.

10. Выполнение организационно–технических мероприятий при переводе гражданской обороны на военное время.

11. Выполнение инженерных мероприятий Плана повышения устойчивости газоснабжения территории в военное время:

устройство байпасов на газораспределительных пунктах (ГРП), где они не построены;

произвести защиту шкафов ГРП;

произвести обваловку зданий ГРП.

12. Выполнение мероприятий по подготовке к отключению подачи газа промышленным и коммунально–бытовым потребителям.

13. Отключение газа от объектов, прекращающих работу в военное время, и отключение газа от потребителей жилого сектора (после завершения эвакуации).

14. Снижение давления газа в сетях до минимально допустимого по технологии производства на предприятиях, продолжающих работу в военное время.

15. Выполнение дополнительных отключающих устройств и обводки газопроводов на наиболее важных участках газоснабжения городов.

16. Создание страхового фонда технической документации и обеспечение его сохранности.

17. Снижение запасов сжиженного газа до суточной потребности. Размещение железнодорожных цистерн со сжиженным газом за пределами зон возможных разрушений.

Особые требования, предъявляемые к объектам угольной промышленности:

оборудование шахт фильтровентиляционными установками;

обеспечение непрерывной работы системы водоотлива в угольных шахтах;

повышение сейсмоударостойкости оборудования, размещенного в подземных и шахтных сооружениях;

отработка вариантов восстановления добычи угля в шахтах и разрезах при внезапных перерывах электроснабжения;

заблаговременная подготовка к проведению профилактики и локализации распространения подземных пожаров и взрывов метана и угольной пыли;

обеспечение шахт установками для выработки нейтрального газа.

Следует подчеркнуть важное значение для устойчивого функционирования объектов электроэнергетики, предприятий нефтяной, газовой и угольной промышленности, нефте–, газо–, продуктопроводов соблюдение требований Норм проектирования ИТМ ГО.

Комплекс таких требований и мероприятий позволит повысить устойчивость функционирования объектов ТЭК и всей экономики государства в целом.

Выполнение требований по повышению устойчивости работы объектов ТЭК обеспечит устойчивое функционирование территорий и объектов всех отраслей промышленности, транспорта и сельскохозяйственного производства.

Требования, предъявляемые к объектам трубопроводного транспорта

В настоящее время на предприятиях нефтяной, газовой промышленности, в геологоразведочных организациях находится в эксплуатации более 200 тыс. км. магистральных нефтепроводов, 350 тыс. км. промысловых трубопроводов, 800 компрессорных и нефтеперерабатывающих станций.

Отметим, что при эксплуатации магистральных нефте–, газо–, продуктопроводов компрессорных и нефтеперерабатывающих станций, резервного парка ежегодно происходит более 100 аварий.

Основными причинами аварий и пожаров являются:

подземная коррозия металла (21 %);

брак строительно–монтажных работ (21 %);

дефект труб и оборудования (14 %);

механические повреждения, в том числе от сторонних организаций и вмешательства посторонних лиц в работу трубопроводов (19 %).

Как отмечается в государственных докладах, причины аварии закладываются еще в проектах на строительство. Например, продуктопровод Западная Сибирь – Урал – Поволжье был построен из труб, которые становились хрупкими уже при температуре ноль градусов (а там перекачиваются сжиженные бутан, пропан и др. газы). Малейшая трещина в трубе – начинается испарение, за счет дроссель-эффекта охлаждение и мгновенно увеличивающийся в объеме сжиженный газ без труда разрывает хрупкую, как стекло, сталь. Отмечается также неудовлетворительная изоляция наших трубопроводов: наматывается полимерная пленка толщиной 0,7–1 мм, а если толщина пленки становится менее 0,6 мм, то она уже не выполняет свои защитные свойства и не предохраняет от почвенной коррозии. В мировой практике уже используется напыление полимерного слоя толщиной 2 – 3 мм. Трубопроводы часто меняют свое

положение. Нередко случается, что при аварии (особенно в Сибири) ищут трубу, а ее нет на месте; оказывается она ушла в глубину на несколько метров или в сторону на несколько десятков метров (может выйти и на поверхность).

Уже сегодня аэрокосмическая техника позволяет осуществлять контроль трубопроводов с помощью лазерных локаторов – лидаров, установленных на борту спутников и самолетов.

За рубежом на техническую диагностику, периодическое обследование уходит не менее 10 – 15 % общей стоимости трубопроводов. В Российской Федерации пока не более 1 %.

Анализ показывает, что существующая сеть трубопроводов к настоящему времени выработала свой ресурс и без принятия мер по ее восстановлению в ближайшее время можно будет столкнуться с резким скачком аварийности в этой отрасли экономики.

Поэтому важное значение имеет выполнение требований по повышению устойчивости трубопроводного транспорта.

В целях повышения устойчивости транспортировка нефти, газа и продуктов их переработки на трубопроводном транспорте необходимо осуществлять следующий комплекс инженерно–технических и организационных мероприятий:

реконструкцию и новое строительство стационарных нефтепродуктопроводов с учетом безопасной эксплуатации их в условиях ЧС;

ограничение наземной прокладки трубопроводов через зоны возможных ЧС, исключение такой прокладки через автомобильные и железные дороги;

строительство площадок на трассах магистральных трубопроводов для массовой заправки горючим автотранспорта; сооружение колодцев для подключения полевых трубопроводов;

создание и совершенствование автоматических систем обнаружения утечки опасных веществ и отключения аварийных участков;

подготовку к транспортировке нефтепродуктов в зонах возможных ЧС в обход компрессорных станций в случаях нарушения их работы;

заглубленную прокладку трубопроводов в зонах возможных разрушений и вынос головных насосных станций за пределы таких зон;

создание базовых складов резерва материалов и оборудования для восстановления поврежденных участков и прокладки временных трубопроводных линий;

создание и внедрение в эксплуатацию передвижных перекачивающих средств (насосных установок и агрегатов с автономным приводом и дистанционным управлением);

строительство отводов от магистральных трубопроводов к ближайшим нефтебазам и транспортным узлам, на которых возможна организация перевалки нефтепродуктов на другие виды транспорта;

повышение надежности электроснабжения компрессорных станций путем дублирования открытых линий электропередачи и прокладки подземных кабельных линий электропитания трубопроводных устройств.

Требования, предъявляемые к атомным станциям

Любые виды промышленной деятельности характеризуются наличием риска возникновения аварий с серьезными последствиями, последствия которых непосредственно или косвенно влияют на население, территорию и организацию работы от-

раслей экономики страны. Для каждого вида деятельности риск специфичен, так же, как и меры по его уменьшению.

Особенностью объектов ядерной энергетики, основную часть которых представляют атомные станции (согласно СНиП «ИТМ ГО» к атомным станциям относятся АЭС, АТЭЦ, АСТ), является образование и накопление значительных количеств радиоактивных веществ в процессе их эксплуатации. Большую их часть составляют продукты деления урана. Именно по этой причине с АС связан специфический риск − потенциальная радиологическая опасность для населения и окружающей среды в случае выхода радиоактивных продуктов за пределы АС.

С точки зрения обеспечения устойчивого функционирования отраслей экономики атомная энергетика является основополагающей в системе энергообеспечения категорированных городов и объектов. Нарушение работы (полный выход из строя или временный) АС приведет к остановке важного производства и срыву выпуска важнейшей оборонной продукции, что влечет за собой подрыв обороноспособности государства.

Поэтому так же, как и другие важные отрасли экономики, атомная энергетика и ее объекты должны быть готовы к работе в чрезвычайных условиях. Для подготовки их к устойчивому функционированию необходимо предъявлять особые требования к АС.

1. Размещение АС вне зон опасных природных явлений и на безопасном удалении от других опасных объектов.

2. Исключение размещения новых АС в районах с высокой плотностью населения.

3. Создание внешнего и внутреннего аварийных центров для руководства мероприятиями по защите производственного персонала и проживающего вблизи АС населения, оснащение их необходимым оборудованием, приборами и средствами связи.

4. Разработка мер по строгому учету доз облучения производственного персонала и привлекаемого к техническому обслуживанию (ремонту) персонала других организаций.

5. Ограничение облучения населения в районах размещения АС дозовыми пределами, не превышающими устанавливаемых дозовыми критериями в действующих нормативных документах.

6. Создание системы автоматизированного контроля внешней среды АС.

7. Обеспечение автономными источниками электроэнергии систем безопасности АС.

8. Использование системы спецвентиляции помещений АС со стопроцентным резервированием вентиляционных агрегатов и автоматическим включением резерва.

9. Использование системы спецводоочистки, работающей по оборотному принципу.

10. Разработка и внедрение эффективных способов контроля за состоянием корпуса реактора и всех элементов первого контура.

11. Разработка мер по обеспечению взаимодействия в пределах площадки и санитарно–защитной зоны АС ее производственного персонала и персонала внешних организаций (сил РСЧС, местных органов власти) в условиях ЧС.

12. Проведение противоаварийных тренировок, учений для отработки действий производственного персонала в условиях запроектной аварии.

13. Обеспечение изоляции реакторных блоков АС друг от друга.

14. Ограничение облучения персонала работающей смены блоков АС в случае аварии на других ее блоках.

Обеспечение устойчивого функционирования объектов транспорта

Готовить к работе в ЧС необходимо территориальные и отраслевые звенья экономики. Особое внимание при этом должно уделяться отраслям, которые призваны внести наиболее весомый вклад в обеспечение Вооруженных Сил РФ всем необходимым для ведения боевых действий, в обеспечение жизнедеятельности населения страны (жизнеобеспечение населения в ЧС), а также в проведение работ по ликвидации последствий нападения противника, стихийных бедствий, аварий и катастроф.

В Общих требованиях по повышению устойчивости функционирования экономики страны в ЧС к таким отраслям отнесена и транспортная система.

Готовность транспортной системы к функционированию в чрезвычайных условиях определяется и устанавливается заблаговременно разработанными соответствующими требованиями к различным видам транспорта. Эти требования определяют основные положения и перечень наиболее значимых мероприятий по подготовке к работе транспорта, обязательных к исполнению.

Подготовка транспортной системы к работе в чрезвычайных условиях ведется в целях дальнейшего повышения ее надежности и возможностей по выполнению народнохозяйственных, воинских и эвакуационных перевозок. Это достигается рассредоточенным размещением объектов транспорта и транспортных средств, развитием и совершенствованием транспортных коммуникаций, повышением их пропускной способности, надежным обеспечением транспортных средств и объектов электроэнергией, топливом, водой, запасными частями и агрегатами, совершенствованием сетей ремонтных и обслуживающих предприятий.

Большинство из этих мероприятий разрабатываются и осуществляются территориальными органами управления.

Качественное проведение мероприятий по подготовке транспортной системы к устойчивой работе в условиях ЧС может дать наибольший эффект только при комплексной подготовке всех видов транспорта, транспортной сети, инженерных сооружений и технических средств.

Подготовка транспортной системы к устойчивому функционированию в ЧС проводится с учетом особенностей всех видов транспорта и включает анализ состояния и повышения устойчивости:

объектов всех видов транспорта;

транспортных узлов и пунктов взаимодействия различных видов транспорта;

основных транспортных направлений каждого вида транспорта;

транспортных систем регионов страны в целом.

Подготовка транспортной системы к работе в ЧС включает разработку и осуществление комплекса заблаговременных мероприятий, обеспечивающих скорейшее возобновление движения в заданных размерах на каждом транспортном направлении, намеченных к первоочередному восстановлению. Мероприятия охватывают подготовку путей сообщения, объектов и транспортных узлов, подвижного состава и систем управления. Выполняемые мероприятия должны отвечать соответствующим общим требованиям к различным видам транспорта.

Обеспечение маневра всеми видами транспорта и дублирование перевозок.

Транспортные узлы являются наиболее уязвимыми элементами транспорта страны в военное время. Транспортные коммуникации и узлы могут быть повреждены от воздействия стихийных бедствий, блокированы при массовых беспорядках и волнениях. Для эффективного взаимодействия всех видов транспорта, комплексного

использования сохранившихся в ЧС ресурсов транспортных узлов должны подготавливаться пункты стыка или перегрузочные районы грузов.

Основными показателями, характеризующими подготовленность пунктов стыка, являются количество взаимодействующих видов транспорта, объем грузопереработки, подготовленность единого органа управления работой всех видов транспорта, комплексность развития технических средств.

Строительство соединительных дорог, обходов, стыков городских и загородных магистралей, развитие дорожной сети в загородной зоне.

Подготовка и создание дублирующих мостовых переправ и переходов.

Надежное обеспечение эксплуатационными, техническими материалами и энергоресурсами: электроэнергией, ГСМ, водой, запчастями. Важное место занимает подготовка к использованию местных ресурсов.

Подготовка постоянных транспортных устройств, подвижного состава (судов) и производственно–технической базы транспорта к работе в условиях ЧС, в т.ч. к выполнению перевозок в условиях заражения РВ, ОВ и БС, обеспечение защиты грузов от заражения опасными веществами, а также в условиях светомаскировки.

Подготовка транспортных средств к перевозкам сил, средств и материально–технических ресурсов, необходимых для проведения работ по ликвидации последствий ЧС, а также к осуществлению эвакуационных мероприятий.

Развитие ремонтной базы, создание мобильного резерва ремонтных средств.

Совершенствование технологии перевозок, методов погрузочно–разгрузочных работ с использованием высокопроизводительных средств механизации, использования контейнеров.

Подготовка резерва кадров.

Подготовка к развертыванию временных перегрузочных пунктов вблизи наиболее вероятных участков нарушения коммуникаций.

Обеспечение защиты грузов от заражения (загрязнения).

Разработка (уточнение) нормативных документов, направленных на обеспечение безаварийности транспортного процесса и достижение минимального риска возникновения аварий и катастроф на транспорте.

Повышение эффективности контроля за состоянием транспортных средств и режимов перевозочного процесса.

Создание дублирующих транспортных коммуникаций на особо важных направлениях грузо– и пассажиропотоков.

Проведение мероприятий по подготовке транспортных средств для работы на различных видах топлива.

Подготовка к проведению погрузочно–разгрузочных работ в пунктах стыковки различных видов транспортных коммуникаций, а также к развертыванию временных перегрузочных площадок вблизи наиболее вероятных участков нарушения коммуникаций.

Развитие пакетных и контейнерных перевозок и использование при этом различных видов транспорта.

Совершенствование системы оповещения транспортных органов и пассажиров об угрозе нападения противника.

Подготовка транспортных средств и маршрутов для обеспечения эвакуации и рассредоточения населения.

Приспособление и использование всех видов транспортных средств для перевозки пораженного населения.

Перечисленные требования должны выполняться на всех видах транспорта с целью подготовки его к устойчивому функционированию. С учетом специфики отдельных видов транспорта для повышения устойчивости их функционирования, наряду с общими для всех видов транспорта, предъявляются специальные требования.

Повышение устойчивости функционирования транспортной системы обеспечивает устойчивое функционирование территорий, отраслей и объектов в ЧС.

Подготовка к устойчивому функционированию в условиях военного времени транспорта и транспортных коммуникаций района должна быть направлена на обеспечение воинских, эвакуационных и хозяйственных перевозок и должна осуществляться в увязке с планами подготовки транспортной системы населенных пунктов.

Выполнение общих и специальных требований по повышению устойчивости на всех видах транспорта является важнейшей задачей государства и всех органов управления РСЧС.

ЧАСТЬ 3. ВЕДЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

Глава 8. Ведение гражданской обороны при возникновении военных конфликтов, а также вследствие этих конфликтов

8.1. Приведение гражданской обороны в готовность[64]

В статье 4 Федерального закона от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне» перечислены принципы организации и ведения гражданской обороны. Один из принципов определяет, что ведение гражданской обороны на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях начинается с момента объявления состояния войны, фактического начала военных действий или введения Президентом Российской Федерации военного положения на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В пункте 5 «Положения о гражданской обороне в Российской Федерации», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2007 г. № 804 определено, что ведение гражданской обороны осуществляется:

в Российской Федерации – на основе Плана гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации;

в субъектах Российской Федерации и муниципальных образованиях – на основе соответствующих планов гражданской обороны и защиты населения субъектов Российской Федерации и муниципальных образований;

в федеральных органах исполнительной власти и организациях – на основе соответствующих планов гражданской обороны федеральных органов исполнительной власти и организаций.

Статья 5 Федерального закона «О гражданской обороне» определяет, что План гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации вводится в действие Президентом Российской Федерации.

Таким образом, для ведения гражданской обороны, необходимо ввести в действие План гражданской обороны и защиты населения (план гражданской обороны). Для этого необходимо провести ряд подготовительных мероприятий, а также определить основные мероприятия гражданской обороны с целью приведения гражданской обороны в готовность.

В 2011 году Постановлением Правительства Российской Федерации было утверждено «Положение о порядке приведения в готовность гражданской обороны Российской Федерации» и «Типовые перечни мероприятий гражданской обороны».

Положение о порядке приведения в готовность гражданской обороны Российской Федерации определяет порядок выполнения мероприятий по непосредственной подготовке к приведению и по приведению в готовность гражданской обороны в Российской Федерации.

Типовые перечни мероприятий гражданской обороны используются при разработке, корректировке и реализации планов гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны) федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций.

[64] Хайрутдинов Ш.В. Каф. 81 «Мобилизационной подготовки»

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации после принятия решения Президентом Российской Федерации о непосредственной подготовке к переводу на работу в условиях военного времени при нарастании угрозы агрессии против Российской Федерации до объявления мобилизации в Российской Федерации федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и организации осуществляют ряд подготовительных мероприятий по гражданской обороне, основными из которых являются:

постановка задач по непосредственной подготовке к выполнению мероприятий по планам гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны);

уточнение планов гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны), формализованных документов по гражданской обороне и основных показателей гражданской обороны;

уточнение порядка взаимодействия и обмена информацией в области гражданской обороны при выполнении мероприятий по гражданской обороне первой, второй и третьей очередей;

уточнение состава, задач и порядка работы должностных лиц, уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны и входящих в составы оперативных групп, выводимых на запасные пункты управления;

проверка готовности систем связи и оповещения гражданской обороны;

уточнение планов поставок продукции (работ, услуг) для обеспечения выполнения мероприятий по гражданской обороне, осуществляемых по мобилизационному плану экономики Российской Федерации;

уточнение с органами военного управления маршрутов, порядка использования транспортных средств, техники и коммуникаций для проведения эвакуационных мероприятий и создания группировки сил гражданской обороны в безопасных районах;

анализ готовности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций к ведению гражданской обороны, представлению докладов о ходе непосредственной подготовки к выполнению мероприятий по гражданской обороне по планам гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны).

Вышеназванные мероприятия по непосредственной подготовке к приведению гражданской обороны в готовность включаются в планы мероприятий, выполняемых в федеральных органах исполнительной власти, органах исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органах местного самоуправления и организациях при нарастании угрозы агрессии против Российской Федерации до объявления мобилизации в Российской Федерации.

При введении в действие Президентом Российской Федерации плана гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях в полном объеме или частично федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями проводятся мероприятия по гражданской обороне в соответствии с имеющимися полномочиями в области гражданской обороны согласно типовым перечням мероприятий по гражданской обороне.

Мероприятия по гражданской обороне, предусмотренные типовыми перечнями, проводятся в общем комплексе мероприятий по переводу федеральных органов испол-

нительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций на работу в условиях военного времени по степеням готовности, установленным Президентом Российской Федерации.

При этом мероприятия по гражданской обороне первой, второй и третьей очередей проводятся при введении для федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления соответствующих степеней готовности.

По решению руководителей федеральных органов исполнительной власти, высших должностных лиц субъектов Российской Федерации (руководителей высших исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации), руководителей органов местного самоуправления и организаций могут проводиться другие мероприятия, обеспечивающие повышение готовности гражданской обороны.

При возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в мирное время по решению Президента Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями проводятся отдельные мероприятия по гражданской обороне.

Объем, организация, порядок, способы и сроки выполнения мероприятий по гражданской обороне, предусмотренных типовыми перечнями, а также мероприятий по гражданской обороне, осуществляемых по решению Правительства Российской Федерации, определяются в соответствующих планах гражданской обороны и зашиты населения (планах гражданской обороны) федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций.

В соответствии с отдельным решением Президента Российской Федерации, порядком, установленным Правительством РФ, на основе планов гражданской обороны и зашиты населения (планов гражданской обороны) осуществляются:

частичная эвакуация населения, материальных и культурных ценностей из городов, отнесенных к группам по гражданской обороне;

общая эвакуация населения, материальных и культурных ценностей.

В соответствии с отдельным решением Правительства Российской Федерации на основе планов гражданской обороны и зашиты населения (планов гражданской обороны) осуществляются:

вывод из территорий городов и иных населенных пунктов, отнесенных к группам по гражданской обороне, сил гражданской обороны для подготовки безопасных районов к размещению эвакуируемого населения и создания группировки для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения;

сработка (выпуск воды) крупных водохранилищ.

Прием сигналов оповещения о введении в действие плана гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации на территории Российской Федерации или в отдельных ее местностях в полном объеме или частично, а также о выполнении мероприятий по гражданской обороне, осуществляемых по решению Президента РФ и Правительства РФ, выполняется дежурными службами федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, продолжающих деятельность в военное время.

Типовыми перечнями мероприятий по гражданской обороне предусматривается:

1. Мероприятия по гражданской обороне первой очереди:

оповещение и сбор руководящего состава и работников структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны, доведение обстановки и постановка задач по выполнению мероприятий, предусмотренных в перечне мероприятий по гражданской обороне первой очереди;

введение круглосуточного дежурства руководящего состава гражданской обороны в пунктах постоянного размещения;

перевод на круглосуточную работу радиовещательных станций и радиотрансляционных узлов;

перевод на круглосуточную работу с сохранением режима радиообмена, установленного для повседневной деятельности, имеющихся средств радиосвязи с органами, осуществляющими управление гражданской обороной;

приведение в готовность защитных сооружений гражданской обороны для укрытия работников организаций, продолжающих работу в военное время;

принятие мер по ускоренному завершению строительства и вводу в эксплуатацию защитных сооружений гражданской обороны;

вывоз на пункты выдачи средств индивидуальной защиты, приборов радиационной, химической разведки и дозиметрического контроля, индивидуальных противохимических пакетов и другого имущества, предназначенного для обеспечения населения и личного состава сил гражданской обороны;

приведение в готовность учреждений сети наблюдения и лабораторного контроля гражданской обороны;

снижение запасов аварийно химически опасных веществ до минимальных размеров, обеспечивающих технологический процесс, на опасных производственных объектах в городах и иных населенных пунктах, территория которых отнесена к группам по гражданской обороне (далее – города, отнесенные к группам по гражданской обороне), подготовка к снижению запасов взрыво- и пожароопасных веществ;

уточнение готовности безопасных районов для размещения эвакуируемого населения, а также для размещения и хранения материальных и культурных ценностей;

уточнение порядка проведения мероприятий по световой и другим видам маскировки, усиления охраны и противопожарной защиты организаций, отнесенных к категориям по гражданской обороне, организаций, имеющих потенциально опасные производственные объекты и эксплуатирующие их, а также организаций, имеющих важное оборонное и экономическое значение или представляющих высокую степень опасности возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

подготовка животноводческих ферм, сооружений и комплексов для обеспечения жизнедеятельности и защиты сельскохозяйственных животных, создание и укрытие в них запасов кормов и воды;

направление к месту постоянной работы лиц, находящихся на обучении (повышающих квалификацию) в образовательных учреждениях МЧС России, учебно-методических центрах по гражданской обороне и на курсах гражданской обороны.

2. Мероприятия по гражданской обороне второй очереди:

оповещение и сбор руководящего состава и работников структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны, доведение обстановки и постановка задач по выполнению мероприятий, предусмотренных в перечне мероприятий по гражданской обороне второй очереди;

перевод на круглосуточный режим работы (по сменам боевого расчета) руководящего состав гражданской обороны;

приведение в полную готовность системы связи и оповещения гражданской обороны;

приведение в готовность защитных сооружений гражданской обороны, метрополитенов, подвалов и других заглубленных сооружений для укрытия населения, культурных ценностей, находящихся в федеральной собственности, и архивных документов, хранящихся в федеральных архивах. Дооборудование, при необходимости, под противорадиационные укрытия подвальных и других заглубленных сооружений;

организация круглосуточного дежурства групп и звеньев по обслуживанию защитных сооружений гражданской обороны;

приведение в готовность в пунктах постоянного размещения (без прекращения производственной деятельности) аварийно-спасательных формирований;

выдача из запасов имущества гражданской обороны средств индивидуальной защиты и приборов дозиметрического контроля работникам организаций в городах, отнесенных к группам по гражданской обороне, и организаций, отнесенных к категориям по гражданской обороне особой важности и первой категории, расположенных вне этих городов;

подготовка предусмотренных к развертыванию в безопасных районах больничных баз медицинскими учреждениями городов, отнесенных к группам по гражданской обороне, осуществление переадресации поставок медицинского имущества и медицинской техники лечебным учреждениям в безопасные районы;

выдача из запасов имущества гражданской обороны необходимого медицинского имущества лечебным учреждениям, расположенным в безопасных районах;

выписка из лечебных учреждений больных, лечение которых может быть продолжено амбулаторно, сокращение госпитализации плановых больных;

проведение иммунизации населения по эпидемиологическим показаниям;

развертывание медицинских пунктов (санитарных постов) в организациях, продолжающих работу в военное время в городах, отнесенных к группам по гражданской обороне;

перевод на круглосуточное дежурство постов радиационного и химического наблюдения, учреждений сети наблюдения и лабораторного контроля ГО;

оборудование приборами радиационной и химической разведки наземных транспортных средств, морских, речных и воздушных судов (самолетов, вертолетов и др.), предназначенных для веления радиационной и химической разведки;

проведение мероприятий по повышению устойчивости функционирования объектов, необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время;

подготовка к безаварийной остановке промышленных предприятий, прекращающих работу в военное время;

изготовление простейших СИЗ (при необходимости);

подготовка к вывозу в безопасные районы документов, необходимых для служебной деятельности, материальных и культурных ценностей из городов, отнесенных к группам по гражданской обороне;

снижение запасов взрыво- и пожароопасных веществ в организациях, расположенных в городах, отнесенных к группам по гражданской обороне;

проведение подготовительных мероприятия по переводу предприятий строительного комплекса на выпуск конструкций и оборудования для строительства быстровозводимых убежищ и противорадиационных укрытий.

3. Мероприятия по гражданской обороне третьей очереди:

оповещение и сбор руководящего состава и работников структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны, доведение обстановки и постановка задач по выполнению мероприятий, предусмотренных в перечне мероприятий по гражданской обороне третьей очереди;

выдача средств индивидуальной защиты населению, проживающему в городах, отнесенных к группам по гражданской обороне и в пределах границ зон возможного сильного радиоактивного заражения (загрязнения) и опасного химического заражения, в населенных пунктах с организациями, отнесенными к категориям по гражданской обороне, а также железнодорожными станциями первой и второй категорий;

закладка в защитные сооружения гражданской обороны необходимых запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств;

ускоренное строительство убежищ с упрощенным оборудованием в зонах возможных сильных разрушений городов, отнесенных к группам по гражданской обороне, отдельно стоящих организаций, отнесенных к категории по гражданской обороне особой важности, а также строительство быстровозводимых противорадиационных укрытий на остальной территории Российской Федерации (по плану на расчетный год);

строительство простейших укрытий для населения, не обеспеченного защитными сооружениями гражданской обороны;

развертывание медицинскими учреждениями городов и иных населенных пунктов, не отнесенных к группам по гражданской обороне, коечной сети больничных баз в безопасных районах;

подготовка медицинских учреждений городов, отнесенных к группам по гражданской обороне, к эвакуации в безопасные районы (без прекращения работы);

перевод нетранспортабельных больных, находящихся в медицинских учреждениях городов, отнесенных к группам по гражданской обороне, в защищенные стационары;

уточнение расчетов на проведение эвакуационных мероприятий, развертывание сборных эвакуационных пунктов, пунктов посадки и высадки, приведение в готовность спланированного для эвакуации транспорта;

подготовка запасов имущества гражданской обороны, торговой сети и сети общественного питания к первоочередному обеспечению эвакуируемого населения в безопасных районах;

проведение мероприятий по защите запасов имущества гражданской обороны и источников водоснабжения;

введение в действие планов комплексной маскировки городов, отнесенных к группам по гражданской обороне, а также организаций, являющихся вероятными целями нанесения ударов современными средствами поражения.

8.2. Организация и проведение АСДНР

8.2.1. Общие положения[65]

Одной из основных задач в области ГО является проведение АСДНР в случае возникновения опасностей для населения при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

[65] Федорук В.С. Каф. 22 «Аварийно-спасательных работ»

Участие сил ГО в выполнении и обеспечении АСДНР осуществляется в соответствии с планами гражданской обороны и защиты населения, планами действий по предупреждению и ликвидации ЧС, а также по решению должностных лиц, ответственных за организацию и проведение АСДНР и ликвидацию ЧС на определенной территории или объекте. Все участники АСДНР должны четко представлять общую задачу проводимых работ и свою роль при их выполнении.

АСДНР проводятся при возникновении ЧС и направлены на спасение жизни и сохранение здоровья людей; снижение размеров и ущерба окружающей природной среде и материальных потерь; локализацию зон ЧС; прекращение действия характерных для них опасных факторов. АСДНР делятся на АСР и ДНР.

АСР – это действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне ЧС, локализации ЧС и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов. АСР характеризуются наличием факторов, угрожающих жизни и здоровью проводящих эти работы людей, и требуют специальной подготовки, экипировки и оснащения.

Цели АСР – розыск и деблокирование пострадавших, оказание им первой помощи и эвакуация из опасной зоны.

Содержание АСР: ведение разведки маршрутов выдвижения формирований и участков (объектов) работ; локализация и тушение пожаров на участках (объектах) работ и путях выдвижения к ним; розыск пораженных, извлечение их из поврежденных и горящих зданий, завалов, загазованных, затопленных и задымленных помещений; вскрытие разрушенных, поврежденных и заваленных защитных сооружений и спасение находящихся в них людей; подача воздуха в заваленные защитные сооружения; оказание первой и врачебной помощи пораженным и эвакуация их в лечебные учреждения; вывод (вывоз) населения из опасных мест в безопасные районы; санитарная обработка людей и обеззараживание их одежды, территории, сооружений, техники, продовольствия, воды.

ДНР – это деятельность по всестороннему обеспечению АСР, оказанию населению, пострадавшему в ЧС, медицинской и других видов помощи, созданию условий, минимально необходимых для сохранения жизни и здоровья людей, поддержания их работоспособности.

Цели ДНР – создание условий для проведения АСР; предотвращение дальнейших разрушений и потерь, вызванных вторичными поражающими факторами; обеспечение жизнедеятельности объектов экономики и пострадавшего населения в условиях ЧС.

Содержание ДНР: прокладка колонных путей и устройство проездов (проходов) в завалах и зонах заражения; локализация аварий на газовых, энергетических, водопроводных, канализационных и технологических сетях; укрепление или обрушивание конструкций зданий и сооружений, угрожающих обвалом и препятствующих безопасному проведению АСР; ремонт и восстановление разрушенных линий связи и коммунально-энергетических сетей; обнаружение, обезвреживание и уничтожение взрывоопасных предметов; ремонт и восстановление поврежденных защитных сооружений.

Объем и условия проведения АСДНР во многом зависят от масштабов ЧС, вида применяемого оружия и масштаба военных действий. Наиболее сложные условия для ведения АСДНР могут возникать в очаге комбинированного поражения.

В зависимости от объема работ для ликвидации последствий ЧС привлекаются различные силы и средства в таком количестве, чтобы они обеспечили непрерывность АСДНР. Непрерывность работ достигается своевременным наращиванием усилий, умелым маневром силами и средствами, своевременной заменой подразделений, полным обеспечением их материальными средствами, быстрым ремонтом и возвращением в строй поврежденной техники.

В планах гражданской обороны и защиты населения, планах действий по предупреждению и ликвидации ЧС предусматривается создание группировки сил и средств, предназначенной для проведения АСДНР при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие ЧС природного и техногенного характера. В группировку сил для проведения АСДНР в зоне ЧС включаются НАСФ территорий и организаций.

Для обеспечения непрерывного проведения работ группировка сил состоит из формирований первого эшелона, второго эшелона и резерва. Первый эшелон группировки сил и средств предназначен для ведения первоочередных АСДНР, особенно на объектах, продолжающих работу; второй эшелон – для наращивания усилий и расширения фронта АСДНР, а также для замены формирований первого эшелона; резерв – для решения внезапно возникающих задач, наращивания усилий, замены части первого (второго) эшелона, переноса усилий на новые участки (объекты) работ.

Формирования, входящие в состав эшелонов, распределяются по сменам с соблюдением целостности их организационной структуры. Состав эшелонов и смен определяются, исходя из конкретной обстановки в очаге поражения, наличия сил и средств.

Анализ проведения АСДНР показывает, что все задачи должны выполняться поэтапно в определенной последовательности и в максимально короткие сроки. Наиболее сложные по объему АСДНР выполняются, как правило, в три этапа.

На первом этапе решаются задачи по экстренной защите персонала объектов и населения, предотвращению развития или уменьшению воздействия поражающих факторов источников аварий (катастроф) и подготовке к проведению (выполнению) АСДНР. В первую очередь осуществляется оповещение персонала объекта и населения о ЧС.

На втором этапе основной задачей является непосредственное выполнение АСДНР. Одновременно продолжается выполнение задач первого этапа. В первоочередном порядке проводятся работы по устройству проездов и проходов в завалах к защитным сооружениям, поврежденным и разрушенным зданиям и сооружениям, где могут находиться пострадавшие, местам аварий, которые препятствуют или затрудняют проведение АСДНР.

По окончании работ по устройству проездов (проходов) формирования выдвигаются к местам работ и приступают к розыску и спасению людей, вскрытию заваленных защитных сооружений, подаче в них воздуха, при необходимости, к проведению других работ.

Спасение людей из горящих зданий и сооружений противопожарные формирования осуществляют во взаимодействии со спасательными и другими формированиями.

Спасательные формирования, усиленные средствами механизации, санитарными дружинами (звеньями), с выходом на участок (объект) работ рассредоточиваются и осуществляют розыск пораженных, извлекают их из завалов, вскрывают защитные сооружения, спасают людей из поврежденных и горящих зданий и оказывают им

первую помощь, выносят к местам погрузки на транспорт. Вывод и вынос пораженных производится расчетами в составе 3-4 человек, один из которых назначается старшим.

Первая помощь пораженным оказывается в порядке само- и взаимопомощи, медицинская помощь – личным составом медицинских пунктов, санитарных дружин и спасательных формирований непосредственно на месте обнаружения пострадавших. Прежде всего, помощь оказывают пораженным АХОВ (надевают противогазы, при необходимости вводят антидоты, с открытых участков тела смывают ядовитую жидкость), а также пораженным с асфиксией, кровотечением, проникающими ранениями живота и груди.

Вынос пораженных с участков (объектов) работ к местам погрузки на автотранспорт осуществляется с применением носилок или на подручных средствах. Легкопораженные следуют на медицинские пункты пешим порядком самостоятельно или с сопровождающими.

В целях обеспечения непрерывного проведения работ смена работающего личного состава производится непосредственно на рабочих местах. Техника сменяемого формирования, при необходимости, передается личному составу, прибывшему на смену.

На третьем этапе решаются задачи по обеспечению жизнедеятельности населения в районах, пострадавших в результате ведения военных действий или вследствие этих действий, или аварии (катастрофы), и по восстановлению функционирования объекта. Осуществляются мероприятия по восстановлению жилья (или возведению временных жилых построек), энерго- и водоснабжения объектов коммунального обслуживания, линий связи, организации медицинского обслуживания производственного персонала и населения, снабжения продуктами и предметами первой необходимости. При заражении жилого массива проводится его дезактивация, дегазация и дезинфекция. По окончании этих работ осуществляется возвращение эвакуированного производственного персонала и населения.

Одновременно с этими работами начинаются работы по восстановлению функционирования объектов экономики.

Успешное проведение АСДНР зависит, прежде всего, от своевременных и квалифицированных действий руководителей и личного состава формирований, участвующих в АСДНР, их готовности решать конкретную задачу в экстремальных условиях.

Командир НАСФ является прямым начальником всего личного состава формирования и несет ответственность за специальную и морально-психологическую подготовку подчиненных.

Командир НАСФ обязан: знать структуру формирования, его задачи и возможности, порядок комплектования личным составом, автотранспортом, техникой и всеми видами имущества; знать уровень подготовки, моральные и деловые качества подчиненных, а также уровень подготовки каждого подразделения формирования; постоянно совершенствовать свои знания по ГО, организовывать и проводить занятия с личным составом по общей и специальной подготовке; руководить работой формирования и постоянно поддерживать взаимодействие с другими формированиями при проведении АСДНР; решительно добиваться выполнения поставленных задач, проявлять инициативу и, в случае необходимости, самостоятельно принимать решения в соответствии с обстановкой, не ожидая указаний старших начальников; заботиться об обеспечении личного состава формирования средствами защиты, следить за соблюдением мер безопасности при работе с техникой, при совершении марша, при прове-

дении работ, а также своевременно принимать меры защиты от поражающих факторов ССП и ЧС; иметь сведения о списочном составе формирования, а также о наличии и состоянии техники, горючего и иных материальных средств; организовывать материальное и техническое обеспечение формирования.

Командир формирования и его заместители (помощники) обязаны знать также: возможные участки (объекты) работ и маршруты движения к ним; характер застройки района и возможных участков (объектов) работ; места нахождения защитных сооружений, их вместимость и техническую характеристику, а также пути подхода к ним при разрушении зданий и образовании завалов; производственные особенности объекта, характер возможных АСДНР; места хранения АХОВ, легковоспламеняющихся жидкостей и взрывоопасных веществ; расположение коммунально-энергетических сетей и сооружений на участке (объекте) работ и прилегающей территории; другие данные, содержащиеся в паспорте безопасности объекта.

Командир формирования и его группа управления (помощники) заблаговременно разрабатывают план приведения формирования в готовность. В плане предусматривается: порядок оповещения формирования в рабочее и нерабочее время; место и сроки сбора личного состава, выдачи ему табельного имущества и других материальных средств; порядок выдвижения и срок прибытия в район сбора или проведения работ; порядок управления формированием в периоды сбора, приведения его в полную готовность и выдвижения в район сбора или район работ; организация комендантской службы; порядок материального и технического обеспечения.

Ответственность за своевременное приведение формирования в полную готовность несет его командир. Получив распоряжение на приведение формирования в полную готовность, командир организует оповещение личного состава по ранее разработанному плану и в соответствии со складывающейся обстановкой. Личный состав и техника прибывают на место сбора, которое обычно устанавливается на территории организации (предприятия, объекта).

Порядок работы командира НАСФ после получения задачи зависит от условий обстановки, характера задач, поставленных старшим начальником, и наличия времени. Получив задачу, командир формирования уясняет ее, отдает предварительные указания, производит расчет времени, оценивает обстановку, организует взаимодействие, обеспечение, управление.

После принятия решения командир формирования отдает приказ, в котором отражаются: оценка обстановки на участке (объекте) работ, замысел действий, задачи подчиненным подразделениям (командам, группам, звеньям, постам), а также приданым формированиям.

В приказе при постановке задач подразделениям, входящим в состав формирования, командир указывает:

аварийно-спасательным подразделениям – средства усиления, участок (объект) розыска пораженных, порядок оказания им первой помощи и выноса к местам погрузки, где и какие вскрыть защитные сооружения, места погрузки пораженных на транспорт, места локализации аварий, маршрут и порядок движения;

подразделениям механизации работ – усиление личным составом, где и к какому времени устроить проезды и проходы, обрушить (укрепить) конструкции, угрожающие обвалом, где и в каком объеме и к какому времени произвести работы по откопке защитных сооружений (или кому и какие средства придать на усиление); маршрут и порядок движения;

подразделениям радиационной, химической и биологической разведки и защиты – участки (объекты), подлежащие локализации и обеззараживанию; ширину дегазируемых (дезактивируемых) проездов (проходов) и плотность разлива (рассыпания) дегазирующих растворов (веществ); способы, объем и последовательность работ; места и порядок перезарядки машин, порядок обозначения обезвреженных участков (проездов, проходов) и сооружений; пункт сбора после выполнения задачи, маршрут и порядок движения;

пожарно-спасательным подразделениям – объекты и способы локализации и тушения пожара; места развертывания противопожарных средств и забора воды; маршрут и порядок движения;

санитарным подразделениям – место развертывания медпункта; участок (объект) проведения работ по розыску и оказанию первой помощи пораженным; порядок приема, регистрации и сортировки пострадавших по тяжести поражения и объему медпомощи; порядок подготовки и эвакуации пораженных, места погрузки их на транспорт и маршруты выноса, места оказания первой врачебной помощи и временной госпитализации нетранспортабельных больных; маршрут и порядок движения;

аварийно-техническим подразделениям – средства усиления, порядок отыскания и устранения аварий на технологических и коммунальных сетях (газа, линий электропередач, водопровода, теплоснабжения); меры безопасности; порядок действий после выполнения задачи; маршрут и порядок движения к местам работ.

При постановке задач командир указывает также: места расположения медицинских пунктов; пути и порядок эвакуации пораженных; допустимые дозы радиоактивного облучения личного состава; время начала и окончания работ; свое место и заместителей; сигналы оповещения и порядок действия по ним; организацию взаимодействия и материально-технического обеспечения.

Всем подразделениям, входящим в состав формирования и приданных ему, ставятся задачи в соответствии с их предназначением. Задачи ставятся в первую очередь тем подразделениям, которые решают главные задачи, начинают действовать первыми или которым требуется больше времени на подготовку.

Взаимодействие организуется командиром, прежде всего в интересах подразделений, решающих главные задачи, и заключается в согласовании действий всех подразделений формирования по цели, месту, времени, задачам и способам их выполнения и во взаимной помощи при выполнении поставленных задач.

НАСФ осуществляет выдвижение к участку (объекту) работ, как правило, одной походной колонной. Одновременно с постановкой задачи на выдвижение ставится задача командиром формирования на проведение АСДНР в очаге поражения. Иногда эта задача может ставиться на рубеже ввода формирования на участок (объект) работ.

На рубеже ввода на участок работ командир формирования на основе данных разведки об обстановке в зоне поражения (бедствия) может уточнить задачи подразделениям. В ходе выполнения АСДНР разведывательное подразделение постоянно обеспечивает командира данными: о радиационной и химической обстановке, характере разрушений зданий, пожарах, путях подъезда к участкам работ, местах скопления пораженных, защитных сооружениях, состоянии и условиях спасения находящихся в них людей, а также характере повреждений на коммунально-энергетических и технологических сетях. По данным разведки командир формирования уточняет решения и доводит их до командиров подразделений формирования.

Время нахождения личного состава на местности, зараженной радиоактивными веществами, определяется командиром формирования с учетом доз внешнего облучения, не приводящих к снижению работоспособности.

Работы, связанные со спасением людей, проводятся непрерывно до полного их завершения. В ходе работ командир формирования контролирует выполнение поставленных задач, а при необходимости, ставит дополнительные. По истечении заданной продолжительности времени работы формирования или при получении личным составом установленных доз облучения осуществляется смена формирований.

С целью обеспечения непрерывного ведения АСДНР, личный состав формирований обычно сменяют непосредственно на месте работы. Технику сменяемых формирований, при необходимости, передают прибывшим на смену.

Командир вновь прибывшего подразделения встречается с командиром работающего формирования на рубеже ввода. Во время проведения смены старшим на участке (объекте) работ является командир сменяемого формирования. Он вводит прибывшего в обстановку, определяет с ним порядок смены, затем вместе проводят рекогносцировку. При этом они уточняют места спасательных работ; степень и характер разрушений и поражений на объекте работ; радиационную и химическую обстановку; объем выполненной и подлежащей выполнению работы. Особое внимание обращают на состояние людей, находящихся в заваленных защитных сооружениях и под завалами, на угрозу распространения пожаров, взрывоопасность, загазованность и возможность затопления, а также на режим проведения работ, меры безопасности и порядок использования инженерной техники. Командир сменяемого формирования сообщает место нахождения старшего начальника и порядок поддержания с ним связи.

После вывода формирования из очага поражения, при необходимости, проводится специальная обработка и восстановление его готовности к дальнейшим действиям, заменяются или ремонтируются средства индивидуальной защиты, приборы, проводится техническое обслуживание машин, пополняются израсходованные материальные средства. Формирование готовится к выполнению последующих задач.

8.2.2. Подготовка к действиям в очагах поражения[66]

Применение в современных военных конфликтах ядерного или иных видов ОМП, обладающего большой разрушительной мощью, в конечном итоге может привести к формированию обширных очагов поражения.

В результате повреждения или разрушения потенциально опасных объектов экономики, вызванных воздействием современных средств ведения войны, могут произойти взрывы, пожары, затопления участков местности и распространение на ней АХОВ с образованием вторичных очагов поражения.

Подготовка к действиям в очагах поражения проводится заблаговременно и продолжается с получением задачи на проведение АСДНР.

В ходе заблаговременной подготовки к предстоящим действиям в очагах поражения оцениваются возможные последствия ударов противника, возможный объем АСДНР и условия их проведения; проводится подготовка техники, приборов и имущества для использования при действиях в очагах поражения; отрабатывается порядок взаимодействия с приданными формированиями, изучаются сигналы оповещения и по-

[66] Сапогов С. А. Лещенко А.П. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

рядок действий по ним, приемы и способы выполнения задач, а также меры безопасности при действиях в очагах поражения; организовывается слаживание подразделений.

При угрозе нападения противника, а также для подготовки к предстоящим действиям и обеспечения защиты личного состава от ОМП и других средств нападения противника, спасательные подразделения (формирования) выводятся в исходный район.

При внезапном нападении противника выдвижение сил ГО в очаг поражения может осуществляться непосредственно из пункта постоянной дислокации.

При необходимости, до выхода сил ГО, высылается рекогносцировочная группа с целью разведки маршрута движения и исходного района.

Совершение марша в исходный район осуществляется, как правило, походными колоннами спасательных подразделений (формирований) или самостоятельно. Инженерная техника на гусеничном ходу может выдвигаться по отдельным маршрутам или отдельной колонной.

По прибытии сил ГО в исходный район подразделения (формирования) располагаются в назначенных районах, после чего:

организуется разведка, охранение;

устанавливается порядок передвижения личного состава и техники;

определяются задачи радиационной, химической и биологической разведки (наблюдения) и других мероприятий по защите от ОМП;

проводится инженерное оборудование исходного района, гидрометеорологическое, техническое, тыловое и другие виды обеспечения;

проводятся мероприятия по подготовке к предстоящим действиям в возможных очагах поражения.

АСДНР на объектах производственного и социального назначения в очагах ядерного поражения проводятся спасательными формированиями, как правило, в полном составе. В некоторых случаях (например, при организации работ в очагах химического, биологического поражения, в районах размещения предприятий горной и нефтедобывающей промышленности и других) работы могут проводиться отдельными подразделениями.

Выдвижение в очаг поражения

Порядок выдвижения сил ГО в очаг поражения зависит от количества маршрутов (путей) выдвижения и складывающейся обстановки на них и осуществляется в соответствии с принятым решением.

Впереди основных сил, как правило, действуют разведывательные отряды и дозоры, а также отряды обеспечения движения, высылаемые на маршруты до начала выдвижения.

Разведка на маршрутах и в очаге поражения определяет наличие и уровень заражения местности, характер разрушений, затоплений, пожаров и направление их распространения, места нахождения пораженных и условия, влияющие на их спасение, состояние ЗС ГО.

Разведывательные подразделения могут вести разведку во взаимодействии с разведывательными органами, выделяемыми вышестоящим органом управления и объектов с учреждениями сети наблюдения и лабораторного контроля, а также с органами войсковой, радиационной, химической и неспецифической биологической разведки, и контроля.

Своевременное выдвижение основных сил ГО в очаг поражения обеспечивается быстрыми и решительными действиями отрядов обеспечения движения, высылае-

мых на маршруты заблаговременно до выдвижения подразделений к очагам поражения. При этом силы и средства отрядов обеспечения движения должны распределяться по участкам маршрутов так, чтобы обеспечивалось, прежде всего, беспрепятственное продвижение главных сил в местах наибольшего разрушения маршрутов.

Отряды обеспечения движения, двигаясь по указанным маршрутам, ведут разведку; восстанавливают разрушенные участки дорог; при необходимости прокладывают колонные пути в обход завалов, разрушений, пожаров и зон с высокими уровнями радиации; восстанавливают (оборудуют) переправы через водные преграды; обеззараживают отдельные участки дорог; локализуют и тушат пожары; устраивают проезды в завалах; крепят или обрушивают конструкции зданий и сооружений, грозящие обвалом.

Поставленные задачи отряды обеспечения движения выполняют, как правило, одновременно на всем протяжении маршрутов на нескольких участках, а при отсутствии такой возможности – последовательно от одного участка (препятствия) к другому. С выходом к указанному пункту отряды обеспечения движения могут привлекаться для проделывания проездов к наиболее важным объектам или для проведения АСДНР.

Силы первого эшелона (первой смены) сил ГО выдвигаются к очагу поражения (на объект работ) колоннами со средствами усиления.

По прибытию к участкам (объектам) работ при необходимости уточняются на месте задачи подразделениям и приданным формированиям, а также последовательность их выполнения: порядок действий подразделений, состав и время работы смен; места развертывания командных (командно-наблюдательных) пунктов и укрытия личного состава на случай повторного удара противника.

Командные (командно-наблюдательные) пункты спасательных формирований, развертываются, как правило, в местах, удобных для управления подразделениями при выдвижении и проведении АСДНР.

Для более оперативного руководства развертыванием и проведением АСДНР, организации тесного взаимодействия подразделений с другими силами ГО района (объекта) непосредственно на участках (объектах) работ командные (командно-наблюдательные) пункты подразделений при возможности развертываются вблизи пунктов управления соответствующих руководителей ГО.

Для непосредственного выхода подразделений и формирований к участкам (объектам) работ в очаге поражения инженерно-технические подразделения, устраивают проезды.

Устройство магистральных проездов для двухпутного движения шириной 6–6,5 м осуществляется по возможности в обход сплошных завалов по скверам, бульварам, паркам, широким улицам. При невозможности или большой трудоемкости устройства двухпутного проезда могут прокладываться проезды для однопутного движения шириной 3–3,5 м по параллельным улицам. Проезды устраиваются путем расчистки улиц от обломков или по верху завала путем его разравнивания и уплотнения. Расчистка улиц применяется при наличии местных завалов небольшой протяженности, а также при высоте завала, не превышающей 0,5 м.

По окончании работ по устройству проездов личный состав инженерно-технических подразделений выдвигается к участкам (объектам) работ и приступает к вскрытию входов в заваленные ЗС ГО, поиску и спасению людей из-под завалов, из горящих зданий и сооружений и проведению других работ.

Одновременно с проведением работ по устройству организуется разведка участков (объектов) работ в целях установления мест расположения убежищ и укрытий состояния, укрываемых в них людей и определения объема предстоящих работ.

8.2.3. Организация и проведение АСДНР в очагах ядерного поражения[67]

Территория, в пределах которой в результате ядерных ударов противника произошли массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений, разрушения и повреждения зданий и сооружений, является очагом ядерного поражения.

АСДНР в очаге ядерного поражения проводятся в целях поиска пораженных, оказания им первой помощи и эвакуации в лечебные учреждения загородной зоны, а также для обеспечения жизнедеятельности населения городов путем локализации и ликвидации последствий аварий на сетях коммунального хозяйства, энергетики, транспорта и связи.

Очаг поражения, возникший от взрыва нейтронного боеприпаса, будет характеризоваться повышенным количеством потерь среди людей и животных от проникающей радиации, меньшей степенью разрушений зданий и сооружений, подземных коммуникаций, значительным увеличением площади пожаров, относительно невысоким образованием завалов на улицах и проездах.

Основными видами АСДНР в очаге поражения нейтронными боеприпасами будет оказание первой помощи пораженным и борьба с пожарами.

Действия в очаге ядерного поражения

Действия сил ГО в очаге ядерного поражения проводятся, как правило, в условиях сильных пожаров, задымления, высоких уровней радиации.

Особое внимание при проведении АСДНР в очагах ядерного поражения должно уделяться радиационной разведке участков (объектов) работ, оповещению подразделений об ожидаемых уровнях радиоактивного загрязнения, проведению дозиметрического (радиометрического) контроля личного состава и техники, своевременному и качественному проведению санитарной обработки личного состава и дезактивации техники, подготовке ЗС ГО для укрытия людей непосредственно в зонах загрязнения (если по условиям обстановки личный состав не может быть выведен для отдыха и приема пищи в незараженные районы), а также принятию других мер по обеспечению безопасности сил ГО.

Спасательные работы в очаге ядерного поражения ведутся, как правило, на нескольких объектах одновременно, согласованно, по единому замыслу и плану действий. В ряде случаев возможно децентрализованное применение подчиненных подразделений на отдельных объектах по их планам.

Во всех случаях основные усилия в действиях подразделений (формирований) сил ГО должны направляться, прежде всего, на завершение в первые сутки тех АСДНР, которые проводятся на наиболее важных объектах производственного и социального назначения. Кроме того, основные усилия сил и средств сосредоточиваются на спасении людей и оказании им первой помощи, а также на обеспечении локализации и ликвидации последствий аварий на технологических сетях этих объектов. С этой целью в ходе работ осуществляется перераспределение сил и организуется маневр силами и средствами на наиболее важные участки (объекты) работ.

Для наращивания усилий на отдельных участках (объектах) используются резервы, а также личный состав и техника штатных и приданных подразделений и фор-

[67] Сапогов С. А. Лещенко А.П. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

мирований, завершивших работу на других участках (объектах) или снятых с второстепенных (утративших свое значение) объектов. При этом могут создаваться новые, в том числе самостоятельно действующие подразделения.

Работа в зонах с высокими уровнями радиации осуществляется, как правило, после спада уровней радиации до допустимых норм, позволяющих организовывать посменную работу. При действиях в этих зонах для защиты личного состава используются защитные свойства техники (крытые специальные и транспортные средства с герметизированными кабинами и др.).

Работы по локализации и ликвидации аварий, угрожающих жизни людей и препятствующих выполнению задач, проводятся одновременно с работами по устройству проездов и тушению пожаров, а при наличии угрозы затопления или загазованности мест нахождения людей – в первую очередь.

Спасательные подразделения, усиленные другими подразделениями с техникой и средствами малой механизации, в тесном взаимодействии с приданными формированиями выдвигаются на участок (объект) работ, отыскивают и отключают поврежденные участки коммунально-энергетических сетей, а при необходимости устраняют аварии.

Для предотвращения загазования убежищ, укрытий и участков местности, на которых ведутся работы, а также для ликвидации воспламенения газа в местах его утечки спасательные подразделения отключают поврежденные участки газовой сети на вводах в здания, газорегуляторных пунктах или газораспределительных станциях.

Аварийные работы на электросетях во всех случаях проводятся только после отключения поврежденных участков электроснабжения на районных и трансформаторных подстанциях или на распределительных пунктах (щитках) зданий.

В темное время суток для освещения мест работ используются передвижные электростанции. В отдельных случаях спасательные подразделения могут во взаимодействии с формированиями восстанавливать или устраивать временные линии электропередач.

При ликвидации аварий на водопроводных и тепловых сетях в первую очередь отключаются разрушенные участки, определяются места аварий и с помощью машин производятся отрывка поврежденных труб и устранение аварий.

Для предотвращения взрывов и возникновения пожаров при проведении аварийных работ на разрушенных технологических трубопроводах, наполненных сильнодействующими ядовитыми и горючими веществами, в первую очередь перекрываются трубопроводы, соединяющие резервуары с технологическими агрегатами, а также отключаются все работающие насосы, поддерживающие в них давление.

Подразделения радиационной, химической и биологической защиты осуществляют дозиметрический и радиометрический контроль, проводят работы по специальной обработке участков местности, дорог и проездов, развертывают пункты специальной обработки и проводят специальную обработку своих подразделений и приданных формирований, а при необходимости также и санитарную обработку личного состава подразделений и населения, выведенных из очага поражения.

Поиск пораженных осуществляется путем обследования территории, тщательного осмотра завалов, поврежденных и разрушенных зданий, подвалов, наружных оконных и лестничных приямков, около стенных и угловых пространств нижних этажей снаружи и внутри здания, дорожных сооружений и других мест, где могут находиться люди.

Пораженных, находящихся вблизи поверхности завала, а также под мелкими обломками, обычно извлекают, разбирая завал сверху вручную, а находящихся в глубине завала (под завалом) – через проходы, оборудованные сбоку завала, используя пустоты или разбирая завал сверху. Работы ведутся расчетами, оснащенными средствами малой механизации.

Поиск пораженных, извлечение их из-под завалов и вывод из сохранившихся зданий и ЗС ГО в очаге поражения нейтронным оружием организуются и проводятся с учетом уровня наведенного гамма-излучения, прогнозируемой тяжести поражения и мест расположения медицинских пунктов и подразделений.

Вывод и вынос людей из поврежденных и горящих зданий с разрушенными входами и лестницами производятся через проемы, проделываемые в смежные помещения с сохранившимися выходами, или по устроенным для этого дощатым трапам, через оконные проемы и балконы с помощью приставных и выдвижных лестниц, а также спасательных веревок.

Вскрытие ЗС ГО осуществляется усилиями инженерно-технических подразделений. Приемы и способы вскрытия заваленных убежищ определяются командиром подразделения, в каждом конкретном случае в зависимости от типа и конструкции убежища (укрытия) и характера завала над ним.

В первую очередь отыскиваются запасные выходы. Одновременно разбирается завал над основным входом и воздухозабором. Работы по откопке и вскрытию убежищ могут осуществляться одним из следующих способов:

разборкой завала над основным входом (в приямке лестничной клетки) с последующим открыванием защитной двери или вырезанием в ней отверстия;

расчисткой завалов над оголовком или люком аварийного выхода;

разборкой завалов у наружной стены здания с последующей откопкой приямка в грунте и пробивкой проема в стене убежища;

пробивкой проема в стене убежища из соседнего помещения;

разборкой завалов над перекрытием с последующей пробивкой в нем проема для выхода людей.

При необходимости ЗС ГО могут вскрываться и путем сочетания различных способов. Перед вскрытием ЗС ГО прежде всего устанавливается связь с находящимися в них людьми, выявляются их состояние, степень повреждения фильтровентиляционного оборудования, после чего определяются очередность и способ вскрытия.

В сооружение, если это необходимо, подается воздух, для чего расчищаются заваленные воздухозаборные устройства или пробиваются отверстия. При угрозе затопления или загазования убежища немедленно отключаются поврежденные сети коммунально-энергетического хозяйства. Вода, затопляющая убежище, откачивается или отводится в пониженные места.

Завал над убежищем разбирается с применением техники. При отсутствии техники и в местах, где доступ ее к месту работы затруднен, заваленные защитные сооружения откапываются с применением средств малой механизации.

После вскрытия заваленных ЗС ГО пораженным оказывается первая помощь. В зависимости от конкретно складывающейся обстановки пораженные могут выводиться на незараженную территорию или оставаться в убежищах до спада высоких уровней радиации.

Первая помощь оказывается самим населением в порядке само- и взаимопомощи, личным составом спасательных и других подразделений, а также приданными

санитарными дружинами, непосредственно на месте обнаружения пораженных и заключается в остановке кровотечения, наложении повязок, создании неподвижности костей при переломах, проведении искусственного дыхания и применении средств экстренной профилактики. При необходимости на пораженных надевают противогазы.

После оказания на месте первой помощи, пораженные немедленно вывозятся (выносятся) на пункты сбора пострадавших. Вынос пораженных к местам погрузки на автотранспорт производится личным составом, выделяемым из числа спасательных подразделений и приданных формирований общего назначения.

Инженерно-технические подразделения, как правило, придаются спасательным подразделениям в полном составе или порасчетно. Основные усилия их сосредоточиваются на обеспечении расчистки завалов, устройстве проездов и проходов в них, обрушивании конструкций зданий и сооружений, грозящих обвалом, разборке завалов над ЗС ГО, отрывке приямков, канав, котлованов, вскрытии мест аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях, создании заградительных противопожарных полос и выполнении других работ.

В отдельных случаях инженерно-технические подразделения могут выполнять задачи по отрывке котлованов и щелей под укрытия на участках (объектах) работ и по устройству проездов в завалах самостоятельно.

Пиротехнические подразделения ведут поиск, обезвреживание и уничтожение неразорвавшихся боеприпасов в обычном снаряжении и взрывоопасных средств на указанном им участке (объекте) работ.

Поиск ведется по данным опроса очевидцев, по внешним признакам или с использованием технических средств поиска. Обнаруженные боеприпасы обезвреживаются и вывозятся на подрывную площадку за пределы участка (объекта) работ или уничтожаются на месте обнаружения с соблюдением установленных мер предосторожности.

Кроме того, пиротехнические подразделения ведут работу по устройству проездов, обрушиванию конструкций и устройству противопожарных разрывов взрывным способом.

Подразделения технического обеспечения и тыла бесперебойно обеспечивают подразделения всем необходимым для успешного выполнения задач.

Ремонтные подразделения осуществляют ремонт техники на месте ее повреждения. В первую очередь ремонтируют технику с меньшим объемом работ. Заправка машин горючим осуществляется, как правило, на участках (объектах) работ.

В ходе АСДНР организуется своевременная смена работающих в очаге поражения подразделений, а также проводятся мероприятия по защите личного состава и техники от ОМП и других средств нападения противника.

Защита личного состава и техники от повторных ядерных ударов противника осуществляется в сохранившихся убежищах, укрытиях, подвалах, заглубленных сооружениях и естественных складках местности. Ремонт и восстановление поврежденных, возведение и оборудование недостающих для укрытия личного состава защитных сооружений и простейших укрытий осуществляются в зависимости от обстановки в ходе АСДНР с привлечением подразделений, оснащенных землеройной техникой.

В целях обеспечения непрерывного проведения АСДНР смена подразделений и приданных формирований организуется непосредственно на участках (объектах) ра-

бот по истечении времени работы или при получении личным составом установленных доз облучения.

Техника сменяемых подразделений и формирований при необходимости оставляется на местах работ и передается прибывшим на смену подразделениям и формированиям.

После смены подразделения с приданными формированиями выводятся на пункты сбора, где проверяется наличие личного состава, вооружения, средств индивидуальной защиты, техники, инструмента и другого имущества.

Выведенные из очага поражения после смены подразделения приводятся в готовность к последующим действиям. В этих целях проводятся специальная обработка подразделений, техническое обслуживание машин, приборов и средств связи, замена и ремонт средств индивидуальной защиты, пополнение израсходованных материальных средств, организуется отдых личного состава.

8.2.4. Организация и проведение АСДНР в очагах химического поражения[68]

Территория, подвергшаяся непосредственному воздействию химического оружия, и территория, над которой распространяется облако воздуха, зараженного ОВ в опасных концентрациях, являются зоной химического заражения отравляющими веществами. В зону химического заражения АХОВ входят участок разлива и территория, над которой распространились пары этих веществ в опасных концентрациях.

Территория, в пределах которой в результате воздействия химического оружия противника или крупной аварии с выбросом АХОВ произошли массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений, называется очагом химического поражения.

Размеры очага зависят от масштаба и способа применения химического оружия, типа ОВ и АХОВ, метеорологических условий и рельефа местности.

В очаге химического поражения проводятся:

химическая разведка;

оказание первой помощи пораженным и немедленная эвакуация их из опасных зон;

дегазация территории и сооружений;

нейтрализация АХОВ в местах разлива;

мероприятия по обеспечению защиты личного состава от ОВ и АХОВ при работе на зараженной местности;

локализация и ликвидация аварий на технологических сетях (в хранилищах), содержащих АХОВ.

Основные усилия при действиях в очаге химического поражения сосредоточиваются на немедленном выводе людей из зон заражения, оказании первой помощи пораженным и эвакуации их в лечебные учреждения.

Особенности действий в очаге химического поражения

При проведении АСДНР в очаге химического поражения особое внимание уделяется тщательной разведке маршрутов выдвижения подразделений и приданных формирований в район работ, а также разведке самих районов (участков, объектов) работ и своевременному оповещению личного состава о наличии ОВ.

Разведывательные дозоры определяют тип ОВ, устанавливают и обозначают границы зараженного участка и направление распространения зараженного воздуха,

[68] Сапогов С. А. Лещенко А.П. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

пути подхода к участкам (объектам) работ, места нахождения пораженных; определяют места и характер повреждений коммунальных и технологических сетей.

Спасательные подразделения с приданными санитарными дружинами путем осмотра территории, жилых и производственных помещений, подвалов и укрытий выявляют места нахождения пораженных и их количество, в кратчайшие сроки оказывают им первую помощь непосредственно на месте их нахождения.

При оказании первой помощи на пораженных надеваются противогазы, им вводятся антидоты, открытая поверхность тела обрабатывается дегазирующими растворами из индивидуального противохимического пакета, затем пораженные направляются на пункты сбора пострадавших.

При возможности первая помощь пораженным ОВ и АХОВ оказывается также непосредственно на автомобилях при перевозке их от места нахождения до пункта сбора пострадавших.

Пункты сбора пострадавших, развертываясь на незараженной местности с наветренной стороны, организуют прием и оказание экстренной врачебной терапевтической помощи пораженным и подготовку к эвакуации их в больничную базу.

Эвакуация пораженных в лечебные учреждения осуществляется обычно в сопровождении медицинского персонала.

Одновременно с эвакуацией пораженных командиры подразделений организуют вывод (вывоз) остального населения с указанных им участков (объектов) работ. В первую очередь выводится и вывозится население, не укрытое в защитных сооружениях с фильтровентиляционными установками. Люди, находящиеся в убежищах, обеспечивающих защиту от ОВ и АХОВ, эвакуируются в последнюю очередь или находятся в убежищах до особого распоряжения руководителя ГО района (объекта).

Эвакуация из очага химического поражения производится с учетом направления распространения зараженного воздуха.

Спасательные подразделения во взаимодействии с формированиями объектов ликвидируют аварии на коммунальных и технологических сетях, а также в местах производственных парков с АХОВ.

Для устранения аварий в первую очередь перекрывают трубопроводы, идущие к резервуарам и технологическим агрегатам, отключают насосы, поддерживающие давление в трубопроводах, и производят ремонт коммуникаций.

Подразделения РХБЗ совместно с инженерно-техническими подразделениями проводят дегазацию местности, производственных территорий, оборудования и зданий, зараженных ОВ и АХОВ.

При организации дегазационных работ определяются участки дорог (улиц), местности и объекты, подлежащие дегазации, очередность и способы ее проведения, силы и средства, выделяемые для выполнения задачи, нормы расхода дегазирующих веществ (растворов), время начала и окончания работ, порядок обеспечения дегазирующими веществами, необходимые меры безопасности. В первую очередь дегазируются подъездные и внутризаводские дороги, пути эвакуации пораженных, площадки для посадки (погрузки) их на транспорт, места разрыва химических боеприпасов и разлива АХОВ.

Подразделения РХБЗ свои задачи по дегазации зараженной отравляющими веществами местности (дорог, территорий) выполняют, имея построение дегазационных машин уступом вправо, уступом влево или в колонну.

В целях уменьшения глубины распространения зараженного воздуха на направлении его движения расчеты пожарных, поливомоечных и других специальных машин ставят водяные вертикальные завесы.

Подготовка машин к работе, приготовление дегазирующих растворов и зарядка ими машин производятся на незараженной специально оборудованной площадке.

При отсутствии табельных дегазирующих веществ для дегазации местности и сооружений могут применяться продукты и полупродукты промышленного производства, содержащие в своем составе вещества щелочного характера или окислительно-хлорирующего действия.

Инженерно-технические подразделения проводят работы по дегазации местности путем срезания верхнего (зараженного) грунта или засыпки зараженных участков (дорог) незараженным грунтом, по обваловыванию мест разлива АХОВ.

При действиях подразделений в очаге химического поражения должна учитываться возможность застоя зараженного воздуха в подземных сооружениях, помещениях, замкнутых кварталах, а также распространения ОВ и АХОВ по трубопроводам и тоннелям.

После окончания АСДНР в очаге химического поражения подразделения с приданными формированиями проводят полную специальную обработку всего личного состава и техники. Пункт специальной обработки развертывается на незараженной местности вблизи участка (объекта) работ. После проведения специальной обработки подразделения выходят в исходные районы (районы сосредоточения), где приводятся в готовность к выполнению новых задач.

8.2.5. Организация и проведение АСДНР в очагах комбинированного поражения[69]

Территория, подвергшаяся одновременно или последовательно воздействию ядерного, химического, биологического оружия и обычных средств поражения в различных сочетаниях, называется очагом комбинированного поражения.

В очаге комбинированного поражения проводятся:

разведка всех видов;

поиск пораженных и оказание им первой помощи с учетом комбинированного поражения;

мероприятия по изоляции очага поражения;

санитарная обработка людей, зараженных радиоактивными, отравляющими, аварийно химически опасными веществами и биологическими средствами, и другие мероприятия.

Основные усилия при действиях в очаге комбинированного поражения сосредоточиваются на поиске и спасении людей, в первую очередь в зонах химического заражения, а также на оказании первой помощи пораженным и срочной эвакуации их из опасных зон.

Особенности действий в очаге комбинированного поражения

АСДНР в очаге комбинированного поражения могут проводиться в сложных условиях радиационной, химической и биологической обстановки, что потребует одновременного проведения значительных по объему и различных по характеру мероприятий, включающих:

[69] Сапогов С. А. Лещенко А.П. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

непрерывное ведение комплексной разведки;

изоляцию очага поражения и предупреждение распространения инфекции внутри очага или в зонах других поражений;

одновременное проведение дегазации, дезактивации и дезинфекции зараженных участков;

защиту личного состава подразделений от воздействия радиоактивных, отравляющих веществ и биологических средств;

оказание первой помощи при массовых комбинированных поражениях в максимально короткие сроки;

проведение экстренной и специфической профилактики;

одновременное или последовательное привлечение к работам различных по предназначению подразделений, способных проводить их в сложных условиях радиоактивного, химического и биологического заражения;

обязательное использование личным составом средств индивидуальной защиты при выполнении задач; срочное проведение эвакуации населения, в первую очередь пораженных отравляющими и аварийно опасными химическими веществами, размещение его на незараженной территории в пределах зоны карантина;

санитарную обработку личного состава, обеззараживание продовольствия, воды и фуража.

Основные усилия при этом направляются на своевременное обнаружение зон химического, радиоактивного и биологического заражения, установление типа и концентрации отравляющих веществ, уровней радиации, вида (типа) возбудителя инфекционных заболеваний, определение характера разрушений и пожаров на маршрутах и в очаге поражения, отыскание путей обхода зараженных и разрушенных участков дорог, установление характера разрушений и повреждений ЗС ГО и состояния укрываемых в них людей.

Подразделения РХБЗ основные усилия сосредоточивают на выявлении зараженных участков местности радиоактивными, отравляющими веществами и биологическими средствами, а также на дегазации, дезактивации и дезинфекции проходов и проездов для ввода подразделений на участки (объекты) работ и эвакуации пораженных.

При обеззараживании территории, прежде всего, производится дегазация, дезактивация и дезинфекция проездов (проходов), предназначенных для движения подразделений к участкам (объектам) работ, и путей эвакуации.

Спасательные, инженерно-технические подразделения используются, в основном, для вскрытия входов в заваленные убежища, устранения аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях, устройства проездов, поддержания путей движения в проезжем состоянии, обеззараживания участков местности.

Кроме того, спасательные подразделения привлекаются для поиска и выноса пораженных, осуществления карантинных мероприятий во взаимодействии с подразделениями и формированиями охраны общественного порядка.

Пиротехнические подразделения обнаруживают, обезвреживают и уничтожают неразорвавшиеся боеприпасы. В первую очередь обезвреживаются или уничтожаются авиационные бомбы и ракеты в местах производства работ.

Смена подразделений производится после выполнения поставленных задач или после получения личным составом установленных доз облучения.

Сменившиеся подразделения выводятся в районы, назначаемые в пределах зоны карантина или обсервации на незараженной местности, где проводится их полная специальная обработка.

8.2.6. Организация и проведение АСДНР при применении обычных средств поражения[70]

При применении противником обычных средств поражения возникают крупные, зачастую массовые разрушения, сравнимые с разрушениями при землетрясениях Они представляют собой огромные завалы в жилом секторе населенных пунктов и могут сопровождаться пожарами и образованием зон заражения и наводнения (затопления) вследствие повреждения объектов коммунально-энергетического комплекса, потенциально опасных объектов и разрушения дамб, плотин.

Территория, подвергшаяся крупному разрушению, вследствие военных действий, для ликвидации ЧС разбивается на районы и участки, на которых назначаются объекты и места ведения работ. Первоочередными объектами ведения работ являются места наибольшего скопления населения в момент возникновения разрушения.

Формирования ГО распределяются по объектам работ по эшелонам и сменам. Общее руководство АСДНР осуществляют руководители ГО, по уровням соответственно.

В условиях крупных (массовых) разрушений основными задачами являются:

поиск и извлечение пострадавших и погибших из-под завалов, оказание пострадавшим первой помощи и эвакуация в безопасные места;

расчистка и проделывание проходов в завалах, расчистка и подготовка площадок для размещения техники и людей;

обрушение или укрепление конструкций зданий и сооружений, угрожающих обвалом, обезвреживание неразорвавшихся боеприпасов;

участие в отключении поврежденных коммунально-энергетических сетей, локализация и ликвидация аварий на них;

локализация и тушение пожаров;

прокладка, ремонт и поддержание в готовности подъездных путей к районам и участкам работ;

участие в устройстве переправ через водные преграды;

выполнение мероприятий по жизнеобеспечению пострадавшего населения.

Разведывательные подразделения ГО выявляют наиболее удобные маршруты выхода к участкам и объектам работ; устанавливают характер разрушений, места нахождения людей в завалах, способы их извлечения и эвакуации.

Спасательные и инженерно-технические подразделения ведут АСДНР, поиск и извлечение пострадавших, расчистку завалов, проводят необходимые аварийно-восстановительные работы.

Медицинские подразделения оказывают медицинскую помощь пострадавшим и подготовку их к эвакуации в лечебные учреждения.

Пожарно-спасательные подразделения проводят тушение возникающих очагов пожаров на объектах экономики и в жилом секторе.

Подразделения РХБЗ выявляют наличие возможного радиоактивного загрязнения и химического заражения и, при необходимости, проводят дезактивацию и дегазацию территории, сооружений, техники, а также санитарную обработку людей.

[70] Сапогов С. А. Лещенко А.П. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

По окончании АСДНР подразделения могут привлекаться для разборки завалов, вывоза остатков строительных конструкций и материалов и выполнения других работ по восстановлению объектов жизнеобеспечения населения.

8.2.7. Организация и проведение АСДНР в зонах затопления[71]

Зоной затопления является территория, в пределах которой произошло затопление из-за повреждения или разрушения гидротехнических сооружений ядерным или обычным оружием, а также в результате подводного или надводного взрыва в акватории вблизи побережья.

Размеры зоны затопления зависят от мощности боеприпаса, вида и глубины взрыва, глубины водоема или акватории, а также от гидрологических, геодезических и топографических особенностей района.

АСДНР в зоне затопления проводятся с целью своевременного поиска людей на затопленной территории, погрузки их на плавсредства или вертолеты и эвакуации в безопасные места. При необходимости пострадавшим оказывается первая помощь. Одновременно ведутся работы по спасению и вывозу материальных ценностей и оборудования, которые могут быть уничтожены или повреждены при затоплении.

Особенности действий в зоне катастрофического затопления

Выявление обстановки в зоне затопления разведывательные дозоры сил ГО осуществляют совместно с дозорами речной (морской) разведки. Кроме того, при необходимости они могут использовать данные воздушной разведки и постов гидрометеослужбы, а также разведывательных формирований с объектов производственного и социального назначения.

Разведывательные дозоры спасательных формирований совместно с разведывательными органами невоенизированных формирований устанавливают границы зоны затопления, характер разрушений населенных пунктов и объектов, места нахождения пострадавших и их состояние, а также места нахождения материальных ценностей; наличие дорог, ведущих к зоне затопления и возможности использования наземного транспорта, плавсредств, а также другие местные условия, влияющие на выполнение поставленных задач.

Разведывательные дозоры, действующие на плавсредствах, поиск и спасение небольших групп людей выполняют самостоятельно. Данные о местонахождении большого числа пострадавших людей немедленно докладываются в руководящий орган.

При проведении АСДНР в ночное время пристани (причалы) должны быть освещены или обозначены хорошо видимыми световыми ориентирами.

С прибытием к месту работ сил ГО немедленно организуется выполнение поставленной задачи, при этом отсутствие полных данных об обстановке ни в коей мере не должно задерживать начало АСДНР.

Личный состав, привлекаемый для АСДНР в зонах затопления, должен знать правила поведения на воде, приемы спасения людей из полузатопленных зданий и различных местных объектов, спасения утопающих и оказания им первой помощи, возможности переправочных средств и порядок их использования, а также меры безопасности при проведении работ. В холодное время года для пострадавших и спасателей предусматривается выдача теплой одежды.

[71] Мясников Д.В. Каф. 22 «Аварийно-спасательных работ»

Подразделения, действующие на плавсредствах, обеспечиваются баграми, веревками, спасательными жилетами, кругами, а также подручными приспособлениями и средствами.

Для обеспечения посадки и высадки людей оборудуются временные причалы, а плавсредства обеспечиваются сходнями и другими приспособлениями, предназначенными для спасения людей из полузатопленных зданий и сооружений, снятия их с деревьев и других местных предметов.

При проведении АСДНР в зонах затопления необходимо учитывать возможность резкого изменения гидрометеорологической обстановки. В этих целях от подразделений, выполняющих задачу, выставляются наблюдатели. В случае интенсивного повышения уровня воды заблаговременно определяются пути отхода личного состава подразделений.

После завершения основных работ по эвакуации населения патрулирование разведывательных дозоров продолжается до спада уровня воды.

Восстановление способности к действиям подразделений

Способность к действиям подразделений может быть снижена в результате воздействия на них современных средств поражения противника или при выполнении в очагах поражения трудоемких задач в течение длительного времени.

Обеспечение постоянной готовности подразделений достигается своевременным восстановлением их способности к действиям.

Оно включает:

восстановление нарушенного управления:

вывод подразделений в незараженные районы и пополнение личным составом, вооружением, техникой и другими материальными средствами;

ремонт и восстановление поврежденного вооружения и техники.

В первую очередь необходимо восстанавливать способность к действиям основных подразделений, которые понесли наименьшие потери.

Командир (начальник) и штаб, в целях наиболее успешного решения задач по восстановлению способности к действиям, заблаговременно предусматривают меры по перегруппировке подразделений, перераспределению сил и средств между ними; определяют порядок и время замены подразделений, потерявших способность к действиям, подразделениями резерва; создают резерв средств связи и резервные группы управления, организуют связь на две ступени вниз, проводят мероприятия по обеспечению живучести пунктов управления, т.е. по их охране, обороне и защите от ударов противника.

Полученное пополнение (личный состав и техника) в первую очередь направляется в основные подразделения. При необходимости и наличии времени проводится доподготовка прибывшего личного состава и слаживание подразделений в короткие сроки.

При отсутствии пополнения начальник (командир) доукомплектовывает основные подразделения, выполняющие главную задачу, за счет других подразделений, а при значительных потерях создает сводные формирования и докладывает старшему начальнику.

8.2.8. Организация и проведение АСДНР в очагах биологического поражения[72]

При применении биологического оружия в военное время, техногенных авариях на объектах биотехнологии, терактах сопровождающихся выбросом в окружающую среду патогенных биологических агентов и эпидемическими очагами опасных инфекционных заболеваний проводятся карантинные и обсервационные мероприятия.

С привлечением всех заинтересованных служб гражданской обороны, включая медицинскую спасательную службу ГО. Организация и проведение изоляционно-ограничительных, режимных, санитарно-противоэпидемических и лечебно-профилактических мероприятий при обсервации и карантине возлагается на руководителей административных территорий и санитарно-противоэпидемическую комиссию (СПЭК). Которая является координационным органом, по обеспечению согласованных действий органов исполнительной власти, предприятий, учреждений и организаций независимо от их ведомственной принадлежности в решении задач по предупреждению массовых заболеваний и отравлений среди населения и обеспечение его санитарно-эпидемиологического благополучия. СПЭК создаются заблаговременно, в нее входят специалисты Роспотребнадзора, представители различных министерств и ведомств, заинтересованных организаций, предприятий и учреждений, соответствующих органов управления МЧС России. Деятельность СПЭК осуществляется в тесном взаимодействии с комиссией по чрезвычайным ситуациям.

При возникновении очагов биологического поражения создается противоэпидемический штаб, в состав которого входят начальники соответствующих служб ГО, а также специалисты санитарно-эпидемиологической службы и здравоохранения. Штаб определяет объем, очередность и продолжительность мероприятий по локализации и ликвидации очага биологического поражения.

Контроль и руководство и за выполнением мероприятий в зоне карантина осуществляют специализированные группы в составе штаба: карантинная (обсервационная), противоэпидемическая, лечебная, лабораторная, дезинфекционная, зоолого-паразитологическая, административно-хозяйственная.

В целях выявления и оценки санитарно-эпидемиологической и биологической обстановки в очагах эпидемических заболеваний организуется санитарно-эпидемиологическая и биологическая разведка.

После оценки полученных в результате разведки данных обстановки противоэпидемическим штабом вырабатываются предложения по практическому осуществлению противоэпидемических мероприятий в очаге биологического поражения. В целях локализации и ликвидации очага, вызванного возбудителями особо опасных инфекционных заболеваний, проводится комплекс режимных, изоляционно-ограничительных и медицинских мероприятий, которые могут выполняться в рамках режима карантина и обсервации.

Под *карантином* следует понимать систему государственных мероприятий, включающих режимные, административно-хозяйственные, противоэпидемические, санитарные и лечебно-профилактические меры, направленные на локализацию и ликвидацию очага биологического поражения.

Карантинные мероприятия проводятся при получении данных о применении противником (террористами) биологического оружия, установлении факта заражения

[72] Лобанов А.И., Ткаченко Т.Е. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

возбудителями особо опасных инфекций или при появлении среди пораженного населения больных особо опасными инфекциями, или массовых заболеваний контагиозными инфекциями при их нарастании в короткие сроки.

Режим карантина вводится приказом руководителя администрации субъекта Российской Федерации по представлении соответствующей санитарно-противоэпидемической комиссии.

При введении карантина предусматривается:

оцепление и вооруженная охрана границ очага заражения для его изоляции от населения окружающих территорий;

развертывание на основных транспортных магистралях контрольно-пропускных (КПП) и санитарно-контрольных пунктов (СКП) для контроля въезда и выезда граждан из зоны карантина, ввозом продовольствия, медикаментов и предметов первой необходимости для населения;

организация комендантской службы в зоне карантина для обеспечения установленного порядка и режима организации питания, охраны источников водоснабжения, изоляторов, обсерваторов др.;

ограничение общения между отдельными группами населения;

активное выявление, изоляция и госпитализация инфекционных больных;

развертывание обсерваторов для здоровых лиц, нуждающихся в выезде за пределы зоны карантина;

установление строгого противоэпидемического режима для населения, работы городского транспорта, торговой сети и предприятий общественного питания, медицинских учреждений;

обеззараживание (дезинфекция) квартирных очагов, территории, транспорта, одежды, санитарная обработка людей;

проведение общей экстренной и специфической профилактики лицам, находящимся в зоне заражения;

обеспечение населения продуктами питания и промышленными товарами первой необходимости с соблюдением требований противоэпидемического режима;

проведение санитарно-просветительной работы среди населения;

контроль за проведением дезинфекционных мероприятий при погребении трупов, а также проверка полноты сжигания и правильности захоронения опасных для здоровья населения материалов.

При заражении территории возбудителями малоконтагиозных заболеваний карантин заменяется режимом обсервации, при котором строгие режимные мероприятия в зоне ЧС не проводятся. Основной задачей обсервации является своевременное обнаружение инфекционных заболеваний и их локализации. Организация и проведение изоляционно-ограничительных и режимных мероприятий при обсервации и карантине возлагается на ответственных руководителей административных территорий и СПК.

Для предупреждения возникновения и распространения инфекционных заболеваний в очаге эпидемических заболеваний проводятся мероприятия, направленные на выявление лиц с острыми, хроническими и затяжными формами инфекционных заболеваний и бессимптомных носителей инфекции.

Выявление источников инфекции достигается по результатам опроса населения, проведения медицинских осмотров и обследований лиц, работающих на объектах питания и водоснабжения. Предупреждение возникновения и распространения инфекционных заболеваний достигается также путем проведения профилактических

прививок в плановом порядке и по эпидемическим показаниям на прививочных пунктах, развертываемых лечебно-профилактическими учреждениями субъектов РФ, городов, районов.

Важную роль в прерывании путей передачи возбудителей инфекции играют *дезинфекция, дезинсекция и дератизация.*

Дезинфекция (обеззараживание), заключается в уничтожении возбудителей инфекционных заболеваний на объектах внешней среды, в бытовых условиях и на этапах медицинской эвакуации. Дезинфекцию проводят с профилактической целью и по эпидемическим показаниям в эпидемическом очаге. Она может носить заключительный характер после госпитализации, выздоровления или смерти инфекционного больного. Текущая дезинфекция проводится в очаге инфекции с целью обезвреживания выделений больного, а также предметов, которыми он пользовался. Дезинфекция осуществляется с помощью физических и химических средств. Хирургические инструменты, подкладные судна, щетки обеззараживают кипячением. Для промышленной дезинфекции медицинских изделий используются гамма-лучевые установки. Воздух в палатах и процедурных дезинфицируют облучением ультрафиолетовыми лучами путем кварцевания. Наиболее часто для дезинфекции используются химические средств с учетом особенностей патогенных микроорганизмов.

Дезинсекция направлена на уничтожение насекомых и других членистоногих переносчиков инфекционных заболеваний. Дезинсекция проводится физическими и химическими методами. Наиболее эффективными являются методы дезинсекции одежды и постельных принадлежностей в горячевоздушных камерах. Химические методы дезинсекции представляют собой применение токсичных химических веществ, вызывающих гибель насекомых, с применением дезинфекторами средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи.

Дератизация направлена на уничтожение грызунов, источников возбудителей инфекций. Истребление крыс, мышей проводится с применением химических способов путем раскладывания отравленных приманок. Для дератизации применяются ловушки, мышеловки, капканы, используются кошки и собаки-крысоловки.

Карантин и обсервация отменяются по истечении срока максимального инкубационного периода данного инфекционного заболевания с момента изоляции последнего больного, после проведения заключительной дезинфекции и санитарной обработки населения. Проведение санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предупреждение возникновения и распространения массовых инфекционных заболеваний, на сохранение здоровья населения и личного состава, является обязанностью всех руководителей организаций, учреждений, начальников и командиров спасательных формирований.

8.2.9. Борьба с пожарами[73]

Пунктом 14 Положения о гражданской обороне Российской Федерации, утвержденного Правительством Российской Федерации 26 ноября 2007 года № 804, установлено что: «Основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с борьбой с пожарами, возникшими при ведении военных бедствий или вследствие этих действий, являются:

создание необходимых противопожарных сил, их оснащение материально-техническими средствами и подготовка в области гражданской обороны;

[73] Федотов С.Б. Каф. 24 «Пожарной безопасности»

тушение пожаров в районах проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в военное время;

тушение пожаров на объектах, отнесенных в установленном порядке к категориям по гражданской обороне в военное время».

Для борьбы с пожарами федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и организации, в соответствии с их установленными полномочиями, должны создавать и содержать силы, средства, объекты гражданской обороны, планировать и осуществлять мероприятия гражданской обороны. Задачи борьбы с пожарами включаются в соответствующие планы гражданской обороны и защиты населения.

Масштабность и сложность обстановки в очагах поражения определяют характер организации борьбы с пожарами, которые неизбежно возникнут при применении противником современных средств поражения. Организация борьбы с пожарами в военное время имеет свои особенности по сравнению с тушением пожаров в мирное время. Эти особенности связаны с тем, что в течение сравнительно короткого промежутка времени, т.е. нескольких часов, в результате применения современных средств поражения, на значительной территории возникнет большое число пожаров.

Вероятность возникновения большого количества пожаров в очагах поражения дает основание утверждать, что противопожарная служба будет не в состоянии бороться со всеми пожарами, так как требуемое на тушение количество сил и средств будет намного больше фактически имеющегося. Поэтому необходимо из общей массы пожаров для тушения выбрать те, которые будут влиять на успех решения основных задач ГО. Отсюда следует, что усилия противопожарной службы должны быть направлены, прежде всего, на:

противопожарное обеспечение маршрутов ввода сил гражданской обороны через участки сплошных пожаров;

противопожарное обеспечение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ;

тушение пожаров на объектах особой важности;

локализацию сплошных пожаров вблизи особо важных объектов;

локализацию и тушение пожаров в жилой застройке с целью предупреждения образования сплошных пожаров и огневых штормов.

На основе анализа закономерностей развития и тушения пожаров разрабатываются наиболее целесообразные действия противопожарных сил по борьбе с ними. В эти действия включаются все мероприятия по организации и подготовке тушения пожаров и управлению противопожарными силами. Действия противопожарных сил, а также способы, приемы и последовательность их выполнения зависят от обстановки на пожаре.

Организация тушения пожара - это способность в короткое время оценить обстановку, спрогнозировать возможное дальнейшее развитие пожара и на этой основе выработать решение - план тушения, обеспечив управление подразделениями.

Пожары в зданиях и сооружениях характеризуются быстрым повышением температуры, задымлением помещений, распространением огня скрытыми путями и потерей конструкциями несущей способности. При этом:

закрытые оконные проемы в задымленном или горящем здании свидетельствуют о том, что в нем нет людей или они находятся в бессознательном состоянии;

сильное пламя, выбиваемое из оконных проемов - признак интенсивного горения сгораемой начинки зданий;

резкое падение высоты пламени из оконных проемов - признак обрушения ограждающих конструкций или выгорания дверных полотнищ, за которыми может последовать еще большее обрушение;

отсутствие выбросов пламени из окон - признак быстрого распространения огня по внутренним конструкциям, по пустотам и горючей загрузке, при котором создается опасность отрезания огнем путей эвакуации;

большое количество густого дыма, выбрасываемого из оконных проемов - признак горения при недостатке кислорода в воздухе.

Наибольшие трудности при организации тушения пожаров возникают на нефтеперерабатывающих и химических предприятиях со взрывоопасной технологией производства.

Пожары на открытой местности характеризуются открытым горением с пламенем большого размера, излучающим мощные тепловые потоки, перебросом горящих частиц и головней на значительное расстояние, распространением фронта пожара по открытым сгораемым поверхностям и задымлением больших площадей в основном по направлению ветра.

При открытых пожарах во время сильного ветра возможно возникновение новых очагов пожара от искр и горящих головней, обрушение под действием ветра конструкций, особо поврежденных огнем, или свободно стоящих зданий, окружение огнем работающего личного состава формирований и преграждение огнем путей отхода.

В целях получения данных о пожарной обстановке для принятия решения о выполнении работ по локализации и тушению пожара производится пожарная разведка.

Для тушения крупных и массовых пожаров территория (район), где выполняют задачи несколько подразделений пожаротушения, разбивается на боевые участки (по числу привлекаемых подразделений пожаротушения).

Границы этих участков определяются руководством подразделений и могут создаваться по этажам, противопожарным преградам, периметру здания, отдельным зонам пожара.

Завершающим этапом оценки обстановки является определение основного направления действий сил и средств пожаротушения на данный момент, с учетом возможного изменения обстановки. Основное направление на пожаре - это место, где действия подразделений пожаротушения обеспечат успех пожаротушения.

Исходя из оценки сложившейся обстановки и с учетом имеющихся сил и средств, принимается решение о тушении пожара. Основанием для выбора способов тушения пожара служат:

характеристика горящих веществ и условия, в которых протекает процесс горения;

доступность зон горения, необходимость выполнения вспомогательных работ, обеспечивающих успех пожаротушения;

наличие в распоряжении руководителя личного состава огнетушащих веществ, материалов и средств, которые могут быть использованы для тушения пожаров.

Принятие решения о тушении пожара завершается планированием и постановкой задач подчиненным на выполнение работ. Руководитель тушения пожара

лично ставит задачу на боевое развертывание, указывает цель, характер и способ действий.

В процессе боевого развертывания в действиях противопожарных сил и средств в зависимости от обстановки на пожаре различают три этапа: подготовку к развертыванию; предварительное развертывание; полное развертывание.

Исходя из обстановки, тушение пожаров производится прежде всего на тех объектах, которые получили слабые или средние разрушения, т.е. меньше других пострадали от воздействия современных средств поражения противника и после ликвидации пожара могут быть частично или полностью восстановлены.

В ходе борьбы с пожарами на маршрутах ввода сил гражданской обороны формирования противопожарной службы работают в тесном взаимодействии с инженерными, медицинскими и другими формированиями гражданской обороны. Продвижение личного состава сил ГО через зону сплошного пожара производится после полной локализации горения, когда достигнуто снижение тепловой радиации и задымления, и личный состав может преодолеть этот проход без средств защиты от теплового воздействия.

При выполнении работ по тушению пожаров в местах проведения спасательных работ личный состав противопожарной службы вместе с другими формированиями принимает участие в розыске и спасении пострадавших. Противопожарное обеспечение спасательных работ ведется непрерывно до полного их завершения. Смена подразделений и формирований производится без прекращения работ путем организации двухсменного варианта работ личного состава. При изменениях обстановки в ходе тушения пожара, вызывающих необходимость перегруппировки сил и средств пожаротушения, руководитель обязан немедленно уточнить ранее принятое решение и привести его в исполнение.

Высокое содержание окиси углерода, повышенная температура окружающей среды в завалах ограничивает время работы смен до 30-45 минут. Продолжительность работы людей может быть увеличена, если их обеспечить изолирующими противогазами и теплоотражательными костюмами.

Пожары строений, сооружений, лесов, развившиеся от применения зажигательных средств, тушатся приемами и способами, применяемыми в обычных условиях.

Для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в военное время необходимо произвести расчёт потребных сил и средств для ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций.

Одной из важных задач, обеспечивающих условия своевременного и эффективного проведения мероприятий и работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций и спасению населения, является заблаговременное прогнозирование состава сил и средств спасения и жизнеобеспечении пострадавшего населения.

Расчеты по определению состава группировки сил и средств должны проводиться на основе прогнозирования обстановки, в том числе и инженерной, которая может сложиться в той или иной чрезвычайной ситуации.

Состав сил и средств должен обеспечивать круглосуточную работу в две смены в мирное время, а в условиях радиоактивного заражения местности в соответствии с режимами нахождения формирований на этой территории. Он должен обеспечивать выполнение спасательных работ в мирное время в пределах пяти суток, а в военное время двух суток.

Состав сил и средств мирного времени должен обеспечивать проведение мероприятий по поиску пострадавших, их спасению, тушению пожаров, локализации и ликвидации очагов вторичных последствий на объектах со взрыво-, газо- и пожароопасной технологией.

8.2.10. Специальная обработка (обеззараживание)[74]

В чрезвычайных ситуациях военного характера, возникающих после применения оружия массового поражения, здания, сооружения и технологическое оборудование промышленных объектов, а также окружающая их территория могут оказаться зараженными на длительное время радиоактивными, отравляющими или биологическими средствами. При авариях на потенциально опасных объектах возможен выброс в атмосферу, на местность или в водоемы веществ, опасных как для окружающей среды, так и для ее обитателей, включая человека. С каждым годом число таких техногенных чрезвычайных ситуаций и масштабы их последствий увеличиваются. В результате производственных аварий и катастроф подобного характера персонал промышленного объекта и население окружающих районов сталкиваются с необходимостью длительного нахождения в зоне заражения (загрязнения). Для предотвращения поражений персонала и населения, оказавшегося в зонах радиоактивного, химического и биологического заражения, необходим комплекс специальных мероприятий, одним из которых является «специальная обработка».

Специальная обработка представляет собой комплекс работ по обеззараживанию поверхностей различных объектов, включая кожные покровы личного состава формирований и населения в ходе так называемой «санитарной обработки».

Специальная обработка представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на снижение опасности объектов, зараженных (загрязненных) радиоактивными, химическими и биологическими веществами до допустимых уровней.

В ряде случаев допустимо использование более емкого медицинского термина «обезвреживание», подразумевающего полное восстановление РХБ безопасности зараженных объектов.

В статье 2 Федерального закона «О гражданской обороне» и ГОСТ Р 22.0.02–94 дано определение понятия «обеззараживание» как «уменьшение до предельно допустимых норм загрязнения и заражения территории, объектов, воды, продовольствия, пищевого сырья и кормов радиоактивными и опасными химическими веществами путем дезактивации, дегазации и демеркуризации, а также опасными биологическими веществами путем дезинфекции и детоксикации».

Основными целями мероприятий по обеззараживанию объектов являются:

предотвращение поражений людей при контакте (обращении) с зараженными предметами и средами;

предотвращение изнурения личного состава формирований МЧС России и населения при длительном нахождении в средствах индивидуальной защиты.

В зависимости от природы загрязнителя комплекс мероприятий специальной обработки может включать:

дегазацию – т. е. обеззараживание объектов, зараженных аварийно химически опасными веществами;

[74] Кольцов Г.И. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

дезактивацию – обеззараживание объектов, загрязненных радиоактивными веществами;

дезинфекцию – обеззараживание объектов, зараженных биологическими средствами;

дезинсекцию и дератизацию – уничтожение переносчиков возбудителей инфекционных заболеваний – насекомых и грызунов.

демеркуризацию – обезвреживание поверхности или объема, загрязненных металлической ртутью, ее парами или солями.

Средства, применяемые для специальной обработки, делят на химические средства специальной обработки (ХССО) и технические средства специальной обработки (ТССО). Первые включают в себя вещества, растворы и рецептуры, применяемые для дегазации, дезактивации и дезинфекции; вторые представлены индивидуальными, групповыми и бортовыми средствами, а также машинами и станциями специальной обработки.

Специальная обработка может быть полной или частичной.

Частичная специальная обработка проводится личным составом формирований МЧС России по распоряжению командира (начальника) без прекращения выполнения поставленных им задач.

Частичная специальная обработка включает обработку открытых участков тела человека, одежды, средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, а также обработку инструментов, отдельных участков поверхностей технических и транспортных средств, соприкосновение с которыми происходит постоянно в ходе выполнения работ.

Население проводит частичную специальную обработку самостоятельно. При заражении кожных покровов аварийно химически опасными веществами частичная специальная обработка проводится немедленно, в случае загрязнения радиоактивными веществами – при первом удобном случае (по возможности в течение первого часа) также без прекращения выполнения работ.

Частичная дегазация и дезинфекция предусматривают использование табельных средств специальной обработки (индивидуальных противохимических пакетов, дегазирующих пакетов для обмундирования и одежды, снаряжения, обуви, инструментов, СИЗ и т. д.).

Частичная дезактивация одежды и снаряжения осуществляется вытряхиванием, выколачиванием, обметанием и протиранием, для кожных покровов – обмыванием водой. Во всех вариантах специальной обработки можно применять подручные и вспомогательные средства.

Полная специальная обработка включает проведение в полном объеме дегазации, дезактивации и дезинфекции технических и транспортных средств, средств индивидуальной защиты, одежды и обуви, оборудования, инструментов и других материальных средств, а при необходимости и санитарную обработку (гигиеническую помывку) людей.

Полную специальную обработку населения и формирований МЧС России проводят на станциях обеззараживания транспорта (СОТ), обеззараживания одежды (СОО), санитарно-обмывочных пунктах (СОП), пунктах специальной обработки (ПуСО) по распоряжению старшего начальника, (руководителя ГО, председателя КЧС района, объекта) после выполнения поставленных задач АСДНР либо после выхода из зон заражения (загрязнения).

Дегазацию, дезактивацию и дезинфекцию зданий, сооружений, дорог и местности проводят подразделения РХБ защиты формирований МЧС России.

На территориях промышленных предприятий ликвидация РХБ заражения осуществляется, как правило, силами и средствами объектовых служб радиационной и химической защиты (РХЗ). При масштабных ЧС к проведению АСДНР будут привлекаться формирования МЧС России, а также подразделения радиационной, химической и биологической защиты и инженерных войск МО РФ с имеющимся в их распоряжении арсеналом средств специальной обработки.

В зависимости от объема предстоящих работ для ликвидации РХБ заражения могут привлекаться силы и средства коммунальных, бытовых служб города и других ведомств.

Эффективность мероприятий специальной обработки характеризуется полнотой дегазации, дезактивации и дезинфекции зараженных (загрязненных) транспортных средств, зданий, сооружений, дорог, участков местности и т. д., которая определяется достигнутым уровнем кожно-резорбтивной и ингаляционной безопасности объектов и территорий для незащищенного личного состава и населения.

В ходе специальной обработки, как правило, проводится и обеззараживание кожных покровов людей – санитарная обработка. При частичной санитарной обработке обеззараживаются открытые участки тела путем обработки рецептурой индивидуальных противохимических пакетов или обмывания кожи водой. При полной санитарной обработке проводится гигиеническая помывка всего тела теплой водой с мылом с заменой (или обеззараживанием) нательного белья, а при необходимости, обмундирования (одежды) и обуви. При биологическом заражении перед помывкой дополнительно осуществляется дезинфекция открытых участков тела 0,5%-ным водным раствором монохлорамина.

Санитарная обработка проводится на санитарно-обмывочных пунктах (СОП) или санитарных пропускниках, развертываемых на стационарных ПуСО, с привлечением средств медицинской службы, или в населенных пунктах на базе бань и бассейнов и является обязательной для населения, оказавшегося в зонах заражения, и участников ликвидации последствий аварий, связанных с выбросами АХОВ, РВ и БС.

Для проведения специальной обработки необходимо применять различные технические средства специальной обработки.

Все средства специальной обработки могут быть разделены на химические средства специальной обработки (ХССО) и технические средства специальной обработки (ТССО). Класс ТССО содержит четыре группы однородных образцов: индивидуальные (ИТССО), бортовые (БТССО), машины специальной обработки вооружения и техники (МСО) и станции специальной обработки военного имущества (СтСО).

МСО предназначены для осуществления специальной обработки жидкими растворами в интересах подразделений спасательных воинских формирований и НАСФ сил РСЧС.

СОП (санитарно-обмывочные пункты) - на базе банно-прачечных комбинатов, бань.

В настоящее время принят на вооружение комплексный пункт специальной и санитарной обработки (КП ССО), который предназначен для эффективного обеззараживания различных поверхностей, техники, оборудования, зданий и сооружений различными способами и режимами специальной обработки и проведения санитарной обработки (гигиенической помывки) людей в мирное и военное время.

КПССО состоит из двух станций.

Станция обеззараживания техники (СОТ) предназначена для проведения СО техники следующими режимами: жидкостным без подогрева (при необходимости с использованием щеток), жидкостным с подогревом, жидкостным струйным, аэрозольным, пенным, парожидкостным, пескоструйным, паро- или гидроабразивным, а также по многостадийным (комбинированным) технологиям для достижения полноты обеззараживания (дегазации, дезактивации, дезинфекции).



Рис. 2.47. Станция специальной обработки техники

Станция санитарной обработки людей (СОЛ) предназначена для проведения санитарной обработки (гигиенической помывки) людей, подачи перегретого пара, горячего воздуха и горячей воды, проведения дегазации, дезинфекции (дезинсекции) средств индивидуальной защиты и обмундирования в дегазационной камере.



Рис. 2.48. Станция специальной обработки людей

Приказом Министра № 703 от 29.12.07 принят на снабжение в МЧС России многофункциональный технический комплекс (МФТК) для локализации и ликвидации последствий радиационного, химического и биологического заражения (загрязнения), в том числе при ликвидации последствий террористических актов. Комплекс состоит из двух автомобилей: командно-штабной машины (КШМ) и автомобиля специальной обработки (АСО). АСО МФТК обеспечивает:

обнаружение и идентификацию радиоактивных загрязнителей;

обнаружение химических загрязнителей;

отбор проб воздуха, воды и почвы в районе чрезвычайной ситуации с целью последующей идентификации биологических агентов и определения концентраций АХОВ;

связь командира с расчетом АСО МФТК и КШМ МФТК;

локализацию и ликвидацию очагов РХБ заражения (загрязнения);

ДДД наружных и внутренних поверхностей техники, зданий и сооружений.



Рис. 2.49. Командно-штабная машина КШМ МФТК



Рис. 2.50. Автомобиль специальной обработки АСО МФТК

8.2.11. Первоочередное жизнеобеспечение населения[75]

Жизнеобеспечение населения, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и военного характера, в том числе при террористических актах представляет собой совокупность взаимоувязанных по времени, ресурсам и месту проведения силами и средствами РСЧС и системы гражданской обороны мероприятий, направленных на создание и поддержание условий, минимально необходимых для сохранения жизни и поддержания здоровья людей в зонах чрезвычайных ситуаций, на маршрутах эвакуации и в местах размещения эвакуируемых по нормам и нормативам для условий чрезвычайных ситуаций, разработанным и утвержденным в установленном порядке.

Следует отметить, что к населению, пострадавшему в чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и военного характера, относятся раненные, травмированные, перенесшие или переносящие различные заболевания, включая нервно-психологического характера, а также люди, лишившиеся необходимых средств для существования и жизнедеятельности.

В целом первоочередное обеспечение пострадавшего населения достигается:

планированием и организацией мероприятий по основным видам ЖОН заблаговременно с учетом степени опасностей, характерных для каждого региона (территории);

созданием и содержанием на федеральном, региональном и муниципальном уровнях запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств;

организацией и проведением нормированного снабжения населения продуктами питания и водой;

обеспечением населения жильем, предметами первой необходимости, транспортным обеспечением;

срочным восстановлением функционирования необходимых коммунальных служб;

организацией оказания населению всех видов медицинской помощи;

проведением комплекса мероприятий по санитарно-гигиеническому обеспечению населения;

срочным захоронением трупов в военное время;

восстановлением и поддержанием порядка в пострадавших регионах, организацией информационно-психологической поддержки населения.

[75] Мельников М.В. Каф. 11 «Оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО»

Состав конкретных мероприятий жизнеобеспечения зависит от характера чрезвычайной ситуации, ее масштабов, реально возникших потребностей населения и других факторов.

Организация первоочередного обеспечения пострадавшего населения возлагается на органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления.

Планирование и осуществление мероприятий по подготовке территорий к организации первоочередного ЖОН проводятся заблаговременно с учетом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени опасности для населения возможных чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера, характерных для каждой территории.

При практической реализации планируемых мероприятий по ЖОН исходят из необходимости минимизации затрат времени, сил, технических, материальных и финансовых средств на их осуществление.

Исходными данными для планирования и организации ЖОН в зонах чрезвычайных ситуаций являются:

прогноз обстановки, которая может сложиться на территории в результате землетрясения, наводнения или иных стихийных бедствий, аварий на радиационно и химически опасных объектах, при ведении военных действий;

прогнозируемая численность и структура вероятных санитарных потерь населения;

потребность населения в различных видах первоочередного жизнеобеспечения в случае возникновения чрезвычайной ситуации природного, техногенного или военного характера;

продолжительность периода жизнеобеспечения при чрезвычайных ситуациях.

На основе перечисленных исходных данных определяются и создаются запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, необходимых для жизнеобеспечения населения в случае возникновения чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера.

Обеспечение пострадавшего населения продуктами питания предусматривает проведение следующих мероприятий:

определение состояния сохранившихся мощностей по производству продуктов питания;

оценка запасов продовольствия на складах резерва и текущего довольствия;

организация учета и охраны сохранившихся запасов продовольствия;

поставка (завоз) недостающего продовольствия из непострадавших районов и других регионов;

создание временных баз и складов для хранения продуктов и развертывание временных пунктов питания с использованием подвижных хлебопекарен, кухонь, водоочистных и других мобильных технических средств;

определение порядка обеспечения населения продуктами питания (по спискам, талонам или иным формам организации снабжения);

закрепление пострадавшего населения за предприятиями (организациями) общественного питания (ресторанами, кафе и т.п.);

организация взаимодействия с органами военного управления по использованию возможностей армии и флота для обеспечения продовольствием пострадавшего населения;

подготовка сети общественного питания к функционированию в условиях заражения (загрязнения) окружающей среды, организация контроля качества продуктов питания в зонах возможного радиоактивного и химического загрязнения (заражения);

принятие мер по утилизации некачественных и загрязненных (зараженных) продуктов питания и пищевого сырья.

При решении задач по обеспечению населения водой осуществляется:

определение потребного количества воды для хозяйственно-питьевых нужд в районе бедствия;

уточнение состояния и возможности использования сохранившихся и частично поврежденных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения и автономных водозаборов, водоочистных сооружений и установок;

оборудование недостающих пунктов забора, очистки и раздачи воды в передвижную тару;

организация подвоза недостающего количества воды наливным транспортом и в расфасовке, а также подача ее по временным водопроводам населению, предприятиям общественного питания, хлебопечения, лечебным учреждениям;

использование простейших способов добычи и очистки воды, в т.ч. и самим населением;

введение и осуществление нормирования водопотребления и усиленного контроля качества воды;

защита систем водоснабжения и автономных водозаборов от радиоактивного и других видов загрязнений и химического заражения;

подготовка, в случае необходимости, на водопроводах, использующих воду поверхностных источников, систем ее очистки от радиоактивных, химических и других опасных веществ;

организация восстановления и ремонта поврежденных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения, автономных водозаборных сооружений.

В целях обеспечения пострадавшего населения жильем:

определяется численность населения, лишившегося жилья (потерявшего жилую площадь);

проводится инвентаризация сохранившегося и оценка состояния поврежденного жилого фонда с целью определения возможности его использования для размещения пострадавшего населения;

для размещения людей, оставшихся без крова, в местах их эвакуации используются здания и сооружения лечебно-оздоровительной базы, баз отдыха (санатории, дома отдыха, пансионаты, спортивные **и** загородные детские оздоровительные учреждения), а также развертываются при необходимости временные жилища (передвижные и сборные дома, палатки, юрты, землянки и т.д.). Часть пострадавшего населения подселяется на площади сохранившегося жилого фонда.

При нехватке временного жилья определяется дополнительная его потребность, порядок доставки к месту размещения пострадавших, организация приема и распределения жилья для пострадавшего населения.

В случае радиоактивного загрязнения, химического или биологического заражения территории сначала проводятся мероприятия по ее обеззараживанию до допустимых норм, а затем изучаются возможности и определяется порядок обеспечения пострадавшего населения жильем.

Обеспечение пострадавшего населения предметами первой необходимости предусматривает реализацию следующих мероприятий:

определение потребного количества и номенклатуры предметов первой необходимости (одежда, обувь, одеяла, посуда, средства личной гигиены, моющие средства, ткани, галантерея и др.);

сбор, сортировка и подготовка к использованию предметов первой необходимости из поврежденных складов, а также поступивших в виде гуманитарной помощи и взаимопомощи населения;

определение возможностей и осуществление обеспечения пострадавших за счет собственных ресурсов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и организаций, включая имеющиеся резервы;

выявление дефицита и определение путей его покрытия за счет перераспределения продукции на пострадавшей территории;

подготовку запросов о гуманитарной и других видах помощи;

организацию, при необходимости, контроля загрязненности (зараженности) предметов первой необходимости, подлежащих выдаче населению, их обезвреживание (обеззараживание);

захоронение загрязненных (зараженных) предметов первой необходимости, непригодных по результатам радиационного (химического) или иного контроля для дальнейшего использования;

определение мест и порядка выдачи, осуществление выдачи предметов первой необходимости пострадавшему населению в порядке и на условиях, установленных для данной чрезвычайной ситуации, организация подвижных пунктов и отделений служб снабжения.

Транспортное обеспечение населения заключается в транспортном обслуживании выполнения мероприятий ЖОН (например, по доставке ресурсов жизнеобеспечения), а также в транспортном обслуживании лечебно-эвакуационных мероприятий и эвакуации населения.

Мероприятия по обеспечению пострадавшего населения коммунально-бытовыми услугами включают:

уточнение сохранившихся объемов топливных ресурсов, стационарных тепло- и энергоисточников, потребного количества топлива и энергии;

использование, при возможности, в качестве источников энергии локомотивов, речных и морских судов, военных кораблей;

установление необходимого количества нестандартных, простейших средств

обогрева и электроснабжения (печей, передвижных малогабаритных котельных, дизель-электростанций, аккумуляторов и т.д.), снабжение ими населения;

определение необходимых объемов и осуществление первоочередного

восстановления (ремонта) водопроводных, канализационных, тепловых, газовых, электро- и теплосетей;

обеспечение населения в зоне чрезвычайной ситуации и местах эвакуации банями,

душевыми, прачечными, туалетами, организацию банно-прачечного обслуживания, использование для этого передвижных средств;

проведение, при необходимости, обеззараживания коммунальных и бытовых сточных

вод, организацию банно-прачечного обслуживания за пределами зон радиоактивного (химического) загрязнения (заражения);

выделение необходимых сил и средств для погребения погибших и необходимого количества мест погребения;

организацию сбора и удаления бытовых отходов на жилой территории зоны чрезвычайной ситуации.

Медицинское обеспечение пострадавшего населения осуществляется в следующем порядке:

организуется своевременное оказание медицинской помощи и лечение пострадавших;

проводятся противоэпидемические мероприятия по недопущению воздействия и распространения инфекционных заболеваний;

усиливается санитарно-эпидемиологическое наблюдение и лабораторный контроль за зараженностью продовольствия и воды, организуется санитарно-гигиенический контроль за внешней средой, водоисточниками, питанием;

проводятся санитарно-просветительная работа среди населения, а также комплекс медицинских предупредительных мероприятий по ослаблению воздействия на население поражающих факторов от заражения (загрязнения) территории, участков с большим количеством трупов и массовой гибели животных;

проводятся лечебно-эвакуационные мероприятия;

уточняется необходимое количество медицинского персонала с учетом его специализации;

определяются потребности и в дополнительном развертывании лечебной базы с учетом возможностей использования административных и других зданий под лечебные учреждения, армейских и флотских госпиталей; организуется бесперебойное снабжение больниц, госпиталей и других медицинских учреждений водой, теплом, электроэнергией и др.

В целях информационного обеспечения пострадавшего населения:

организуется оперативное информирование населения с использованием автомобилей с громкоговорящей связью, радио и других средств информации о сложившейся обстановке и порядке действий;

проводится обход мест проживания и нахождения людей для выяснения нужд, запросов и доведения оперативной информации;

для своевременного пресечения паники, необоснованных слухов и домыслов население постоянно информируется об обстановке, мерах безопасности, о местах обеспечения водой, питанием, предметами первой необходимости, местах размещения медицинских пунктов и лечебных учреждений, о порядке обеспечения коммунальными услугами;

устанавливаются информационные пункты в местах выдачи населению продуктов питания, горячей пищи или оказания других первоочередных услуг:

создаются справочно-информационные службы для информирования людей о местах и времени захоронения погибших, о размещении пострадавших в лечебных учреждениях и местах расселения эвакуируемых;

организуются через соответствующие службы речевые сообщения для проведения психологического воздействия в целях снижения стрессового состояния у населения.

С введением в штат всех Главных управлений МЧС России по субъектам РФ психологической службы, ко всем вышеперечисленным мероприятиям добавляются вопросы психологического обеспечения для пострадавшего населения.

Анализ изложенных мероприятий по первоочередному ЖОН, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и военного характера, в том числе при террористических актах, позволяет сформулировать *основные направления по совершенствованию и дальнейшему развитию деятельности в этой сфере:*

разработка и принятие нормативных правовых актов, определяющих государственную политику в области первоочередного ЖОН, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и военного характера, в том числе по созданию неснижаемых запасов средств первоочередного жизнеобеспечения;

формирование перечня объектов ЖОН и их паспортизация, разработка схемы территориального планирования, организация государственного надзора за ее реализацией, реконструкция существующих объектов, приспосабливаемых для решения задач первоочередного жизнеобеспечения;

развитие мероприятий первоочередного ЖОН, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и военного характера, создание мобильных средств первоочередного ЖОН;

создание запасов средств первоочередного ЖОН, осуществление комплекса организационно-технических мероприятий па защите имеющихся в различных организациях запасов продовольствия, пищевого сырья и товаров первой необходимости, обеспечению своевременного их перебазирования в случаях, когда они могут оказаться в зонах возможного химического заражения и радиоактивного загрязнения;

развитие медицинского обеспечения путем совершенствовании мероприятий, направленных на предотвращение или уменьшение медицинскими способами и средствами тяжести поражения людей в условиях чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера, своевременное оказание медицинской помощи пострадавшим и их лечение, обеспечение эпидемического благополучия в зонах чрезвычайных ситуаций.

При этом в целом стратегия совершенствования и дальнейшего развития первоочередного ЖОН, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и военного характера, направляется на создание системы первоочередного жизнеобеспечения пострадавшего населения в стране и дальнейшего развития этих мероприятий.

8.2.12. Особенности проведения АСДНР в особых условиях[76]

На организацию и проведение АСДНР *в районах размещения предприятий нефтяной и газовой промышленности* оказывают влияние:

наличие в очагах поражения запасов ядовитых веществ и возможность вторичного заражения;

расположение водоемов и состояние подъездных путей к ним;

физико-географические и геологические особенности района АСДНР, а в подземных горных выработках, – кроме того, – постоянная угроза возникновения взрывов, пожаров, загазованности и затопления; глубины горизонтов, на которых организуются и проводятся работы;

количество стволов и штреков, по которым возможен доступ к укрывшимся в них людям;

[76] Сапогов С. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

состояние и наличие аварийных вентиляционных систем, противопылевых фильтров, автономных источников энергии для обеспечения откачки воды и подъема людей на поверхность;

степень изоляции помещений, в которых укрываются люди; наличие специальных приспособлений (защитных, противопожарных и герметических диафрагм, дверей и перегородок).

АСДНР *на нефтяных и газовых предприятиях* проводятся во взаимодействии с аварийными формированиями предприятий, а на шахтах (рудниках) – во взаимодействии с военизированными горноспасательными формированиями шахт (рудников). Личный состав, привлекаемый для работы в подземных выработках, обеспечивается изолирующими противогазами, средствами спасения и действует под руководством специалистов горноспасательных формирований.

Организуя действия подразделений в районах размещения *предприятий добычи, переработки и хранения нефтепродуктов и газа и в подземных горных выработках*, командир (начальник) формирования сосредоточивает основные усилия на спасении людей, находящихся в очагах поражения АХОВ, зонах пожаров и задымления, оказавшихся заваленными в горных выработках, на локализации и тушении пожаров, представляющих угрозу жизни людей, а при работах в шахтах (рудниках) – на восстановлении систем энергообеспечения, водооткачки, вентиляции и подъема людей на поверхность.

Проведение АСДНР *ночью* требует от командиров (начальников) спасательных формирований и штабов особо тщательной их организации, всестороннего обеспечения, умелого использования средств освещения, а также соблюдения личным составом мер безопасности в очаге поражения. При действиях подразделений в очагах поражения ночью (командир) начальник спасательного формирования кроме обычных вопросов предусматривают дополнительные мероприятия по защите личного состава от светового излучения ядерного взрыва, обеспечению освещения участков (объектов) работ, выделению дополнительных сил и средств для несения комендантской службы.

Штаб спасательного формирования на основе решения командира (начальника) усиливает разведку, увеличивает количество постов регулирования на маршрутах движения, на путях ввода в очаг поражения и эвакуации пораженных, организует встречу подразделений на подступах к очагу поражения специально выделенными проводниками и сопровождение их к участкам (объектам) работ.

При организации освещения участков (объектов) работ ночью обычно предусматриваются:

освещение мест вскрытия входов в убежища, разборки завалов, устройства проездов, обрушивания или крепления поврежденных конструкций зданий и сооружений, угрожающих обвалом;

оборудование маршрутов движения и путей эвакуации световыми указателями;

обеспечение личного состава подразделений, ведущих поиск пораженных и оказывающих первую медицинскую помощь, индивидуальными средствами освещения.

При организации АСДНР *в зимнее время* особое внимание уделяется расчистке путей от снега и поддержанию их в проезжем состоянии, а также предупреждению обморожения личного состава, особенно работающего в средствах защиты.

Техника подготавливается к работе в условиях низких температур, принимаются меры к повышению ее проходимости; транспорт, предназначенный для перевозки пораженных, утепляется.

На маршрутах и в районах работ оборудуются пункты обогрева, в районах расположения личного состава оборудуются утепленные укрытия.

Для дезактивации, дегазации и дезинфекции используются растворы с низкой температурой замерзания.

При организации выполнения задачи в условиях жаркого и сухого климата с малым количеством осадков кроме обычных вопросов учитываются:

необходимость длительного нахождения личного состава в средствах индивидуальной защиты и строжайшего соблюдения мер по предохранению личного состава от тепловых ударов;

трудности в снабжении водой, необходимость устройства пунктов водоснабжения с учетом защиты их от заносов песком;

меры по поддержанию санитарно-гигиенического состояния в подразделениях.

В жаркую погоду предусматриваются меры, исключающие возможность тепловых ударов личного состава (использование хлопчатобумажных комбинезонов, смачиваемых водой; обливание водой людей находящихся в средствах защиты кожи; более частая смена расчетов).

Отдых личного состава организуется в сохранившихся убежищах или подвалах.

В приказе при постановке задач командир (начальник) спасательного формирования кроме обычных вопросов указывает:

порядок обеспечения личного состава и техники водой;

питьевой режим и меры по предохранению личного состава от тепловых и солнечных ударов;

порядок смены подразделений;

порядок обеспечения техники и транспорта средствами повышения проходимости и емкостями под горюче-смазочные материалы и воду, запасными фильтрами и другие мероприятия по всестороннему обеспечению.

8.2.13.Организация всестороннего обеспечения в ходе выполнения АСДНР[77]

В ходе проведения АСДНР организуется и проводится их всестороннее обеспечение. Всестороннее обеспечение АСДНР - это комплекс мер, осуществляемых в целях создания условий для успешного выполнения задач созданной группировкой сил. К основным видам обеспечения относятся: разведка, обеспечение радиационной, химической и биологической защиты, инженерное, противопожарное, дорожное, гидрометеорологическое, техническое, метрологическое, материальное и медицинское, транспортное обеспечение, комендантская служба и охрана общественного порядка.

Количество видов обеспечения и их объем зависят от условий сложившейся обстановки, состава и предназначения участвующего в АСДНР формирования. Организация и проведение всестороннего обеспечения АСДНР возлагается на руководителя организации.

Разведка. При организации обеспечения действий сил особое внимание обращается на то, чтобы все виды разведки, система наблюдения и лабораторного контроля могли своевременно обеспечить органы управления и командиров формирований необходимыми данными для принятия решений на проведение АСДНР и защиту

[77] Федорук В.С. Каф. 22 «Аварийно-спасательных работ»

личного состава сил ликвидации ЧС. Разведывательные подразделения входят в состав всех основных формирований, участвующих в проведении и обеспечении АСДНР.

Обеспечение радиационной, химической и биологической защиты включает: радиационную, химическую и неспецифическую биологическую разведку; своевременное и умелое использование средств индивидуальной и коллективной защиты; дозиметрический и химический контроль; специальную обработку личного состава и техники, а также дегазацию и дезинфекцию участков местности, дорог и сооружений.

Разведка организуется для получения данных о радиационной, химической и бактериологической обстановке и определения необходимости использования средств защиты.

Дозиметрический и химический контроль включает определение доз облучения личного состава и степени заражения людей, вооружения, техники и других материальных средств радиоактивными и аварийными химически опасными веществами (АХОВ).

По данным дозиметрического и химического контроля производится оценка работоспособности людей, определяется порядок (сменность) использования сил при проведении АСДНР, уточняются режимы работы формирований на зараженной местности, определяется возможность использования продуктов питания и питьевой воды, оказавшихся в зонах заражения радиоактивными и АХОВ. При осуществлении контроля используются технические средства, оборудование и аппаратура лабораторий.

Специальная обработка заключается в проведении дегазации, дезактивации и дезинфекции техники и других материальных средств и в санитарной обработке личного состава. Она может быть частичной или полной. Частичная специальная обработка проводится самим личным составом в ходе выполнения задачи, а при заражении АХОВ – немедленно.

Полная специальная обработка проводится, как правило, после выполнения задачи и включает проведение в полном объеме дегазации, дезактивации и дезинфекции техники и материальных средств, а при необходимости, и проведение в рамках санитарно-гигиенических мероприятий санитарной обработки личного состава, участвующего в ликвидации ЧС.

Инженерное обеспечение включает: инженерную разведку объектов и местности в районе действий; оборудование районов, занимаемых силами, участвующими в проведении АСДНР; устройство и содержание путей движения, подвоза и эвакуации; оборудование и содержание переправ через водные преграды; обеспечение ввода группировки сил в зону ЧС; инженерные мероприятия по преодолению разрушений, затоплений; оборудование пунктов водоснабжения.

Противопожарное обеспечение заключается в тушении пожаров, представляющего собой боевые действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров. Руководитель тушения пожара отвечает за выполнение боевой задачи, безопасность личного состава пожарной охраны, участвующего в выполнении боевых действий по тушению пожара, и привлеченных к тушению пожара сил. Он устанавливает границы территории, на которой осуществляются боевые действия по тушению пожара, порядок и особенности указанных действий, а также принимает решения о спасении людей, имущества при пожаре.

Дорожное обеспечение направлено на создание условий для беспрепятственного маневра силами и средствами, эвакуации, своевременного подвоза необходимых

материально-технических ресурсов путем поддержания дорог и дорожных сооружений в проезжем состоянии, строительства новых дорог, оборудования колонных путей и переправ, технического прикрытия перевозок. Дорожное обеспечение включает: ремонт и содержание автомобильных дорог и искусственных сооружений на них; осуществление мероприятий по техническому прикрытию автомобильных дорог в целях быстрейшей ликвидации разрушений и повреждений (создание запасов строительных материалов и готовых конструкций, выделение и расстановку сил и средств для выполнения восстановительных работ на важнейших объектах и участках дорог) для обеспечения ввода формирований в очаги поражения и эвакуации пораженных.

Гидрометеорологическое обеспечение организуется в целях всесторонней оценки элементов погоды, своевременного выявления опасных метеорологических и гидрометеорологических явлений и процессов, оценки их возможного влияния на действия сил ГО и проведение мероприятий по защите населения.

Техническое обеспечение организуется с целью поддержания в рабочем состоянии всех видов транспорта, инженерной и другой специальной техники, используемой при ликвидации ЧС. Основными задачами технического обеспечения являются: проведение технического обслуживания машин в установленные сроки и в полном объеме; текущий ремонт и эвакуация техники, вышедшей из строя в ходе выполнения задач.

Метрологическое обеспечение направлено на поддержание в готовности техники, аппаратуры, приборов, состоящих на оснащении сил ГО. Оно состоит в организации правильного применения и содержания измерительных приборов, создании их обменного фонда и резерва, обеспечении органов управления и сил ГО средствами измерений и т. д. Его основными задачами являются: обеспечение правильного применения и содержания, своевременного ремонта, поверки, изъятия из обращения неисправных и забракованных средств измерения; обеспечение подразделений и формирований табельными средствами измерения и укомплектование обменного фонда измерительных приборов.

Материальное обеспечение заключается в бесперебойном снабжении сил ГО материальными средствами, необходимыми для проведения АСДНР, жизнеобеспечения населения и участников ликвидации ЧС. Решениями соответствующих должностных лиц устанавливается порядок обеспечения личного состава, участвующего в АСДНР, горячей пищей, обменной одеждой и обувью, порядок подвоза материальных средств, заправки техники горючими и смазочными материалами.

Медицинское обеспечение организуется и осуществляется в целях сохранения здоровья и работоспособности личного состава, участвующего в проведении АСДНР, своевременного оказания первой помощи пораженным и больным, их эвакуации, лечения и быстрейшего возвращения в строй, предупреждения возникновения и распространения среди личного состава инфекционных заболеваний. Пораженным и больным оказывается первая помощь, первая врачебная и специализированная медицинская помощь. Первая помощь оказывается в порядке само- и взаимопомощи. Первую врачебную помощь оказывают медицинские подразделения спасательных воинских формирований и медицинские учреждения в очагах поражения или вблизи них. Специализированную медицинскую помощь оказывают специализированные медицинские учреждения.

Транспортное обеспечение имеет своей целью вывоз эвакуируемого населения, доставку сил ГО и их рабочих смен к местам работ, вывоз из зоны ЧС материальных

ценностей путем привлечения для перевозок автомобильного и других видов транспорта организаций, расположенных на территории соответствующего субъекта Российской Федерации или муниципального образования, эвакуацию пораженных в загородные больничные базы, доставку материальных средств, необходимых для проведения АСДНР. Подвоз формирований первых и вторых смен первого эшелона к районам проведения АСДНР осуществляется, как правило, автомобильным транспортом, а последующих смен и эшелонов - при необходимости, железнодорожным и водным транспортом.

Комендантская служба в зоне ЧС организуется с целью обеспечения организованного и своевременного развертывания органов управления и сил ГО, выдвижения их в исходные районы и к местам проведения АСДНР.

Обеспечение общественного порядка в местах проведения АСДНР осуществляется формированиями (подразделениями) охраны общественного порядка, которыми усиливается пропускная система объекта путем выделения дополнительных постов в помощь штатной охране, при необходимости организуется патрулирование. Командиры групп обеспечения общественного порядка организуют также охрану на месте проведения АСДНР и сопровождение вывозимых документов и материальных ценностей.

Организация защиты личного состава. Условия проведения АСДНР требуют от личного состава формирований строгого соблюдения мер безопасности. Это позволит предотвратить несчастные случаи, потери личного состава формирований и населения при проведении АСДНР.

Командиры формирований обязаны заблаговременно оценить и разъяснить личному составу характерные особенности предстоящих действий, ознакомить его с порядком проведения работ и правилами безопасности, строго следить за их выполнением. Конкретные меры безопасности указываются личному составу на участке работ одновременно с постановкой задачи.

Перед началом работ необходимо внимательно осмотреть разрушения, установить опасные места поврежденных зданий и сооружений. В ходе спасательных работ передвижение машин, эвакуация пораженных и населения организуются по разведанным и обозначенным путям. Опасные места ограждаются предупредительными знаками. К действиям в очаге бактериологического поражения допускаются только специально подготовленные формирования, обеспеченные необходимыми средствами защиты.

Личный состав аварийно-спасательных формирований, обслуживающий технические средства, должен знать и соблюдать требования безопасности при работе на закрепленной за ним технике. Особые меры безопасности должны соблюдаться при работе в зоне пожаров, разрушений, в зонах химического и радиоактивного заражения, при проведении специальной обработки (дезактивации, дегазации, дезинфекции).

8.3. Выполнение мероприятий гражданской обороны в ходе военных конфликтов

8.3.1. Оповещение в ходе локальных военных конфликтов[78]

Применение в современных локальных войнах новых военных технологий и высокоэффективных средств поражения настоятельно требует уточнения способов и

[78] Носов М.В. Каф. 35 «Инфокоммуникационных технологий и систем связи»

методов защиты населения от последствий применения различных сил и средств вооруженной борьбы.

В первую очередь должна быть повышена своевременность оповещения населения. Для решения этой задачи используются стационарно действующие системы оповещения населения, размещенные в зоне локального военного конфликта, порядок и особенности применения которых определяется планом оповещения на период повседневной деятельности и на особый период.

Очевидно, высокоточное оружие будет применяться избирательно по тем объектам и системам, которые обеспечивают национальную безопасность государства: это системы управления, в том числе и системы оповещения населения, потенциально опасные объекты, системы жизнеобеспечения и др.

При этом особое внимание должно быть уделено обеспечению живучести СОН. Для решения этой задачи должно быть предусмотрено комплексное использование родов связи, мобильных центров оповещения, а также возможность сопряжения систем централизованного оповещения со спутниковыми системами военного предназначения «напрямую» или через национальный ЦУКС МЧС России. В общем случае живучесть СОН обеспечивается стойкостью ее структурных элементов к воздействию ПФЧС и структурной избыточностью, которая закладывается при проектировании и реализуется при организационно - техническом построение СОН, а так же оперативном восстановлении поврежденных СОН.

Стойкость - адресная характеристика, так как всегда увязывается с физической природой конкретного поражающего фактора. Частными характеристиками стойкости являются ядерная, радиационная, электромагнитная стойкость, термостойкость, влагостойкость и др.

Стойкость центров (пунктов) оповещения СОН обеспечивается их размещением в защищенных городских и загородных пунктах управления ГО; стойкость соединительных проводных линий между структурными элементами СОН достигается их прокладкой в траншеях на глубине более 1,5 метров от поверхности земли в виде бронированных многожильных кабелей.

Структурная избыточность СОН образуется за счет их организационно-технического построения в виде сетецентрических систем и комплексного использования видов и родов связи.

Оперативное восстановление поврежденных СОН осуществляется на основе прогнозирования наиболее вероятных сценариев их повреждения и заблаговременного планирования возможных организационно-технических решений по их восстановлению в заданное время, а так же подготовки специалистов для ведения ремонтных работ.

В зависимости от возможных сценариев повреждения СОН, а так же вариантов их недопущения и устранения, рассмотрим содержание некоторых методологических принципов, а также способов обеспечение живучести СОН.

Принципы обеспечения живучести СОН

1. Принцип высокой стойкости и дублирования (резервирования) центров оповещения и других элементов СОН.

Высокая стойкость и необходимость дублирования (резервирования) ЦО определяется их значимостью в иерархической структуре организационно- технического построения СОН. Очевидно, чем выше иерархический уровень оповещения тем более

высокой значимостью, а следовательно и стойкостью должны характеризоваться управляющие центры оповещения относительно управляемых.

Действительно, функционирование нескольких управляемых ЦО живучестью одного управляющего ЦО. Следовательно, логично считать, что стойкость к ПФЧС управляющих ЦО должна быть выше относительной стойкости управляемых ЦО.

Заметим, что стойкость ЦО к ПФЧС обеспечивается их размещением в городских и загородных специально защищенных пунктах управления ГОЧС.

Дублирование ЦО, в том числе и за счет создания мобильных ЦО, а так же резервирование линий связи между ними повышает их стойкость к ПФЧС и, следовательно, в целом живучесть СОН.

Рассмотренный принцип справедлив для повышения стойкости и живучести СОН любого уровня оповещения.

2. Принцип комплексного использования линий связи, соединяющих управляемый ЦО с управляемыми.

Этот принцип реализуется на основе применения всевозможных сочетаний линий связи из различных родов связи, а также на основе применения сетецентрических структур организационно-технического построения СОН.

Очевидно, вероятность одновременного повреждения радио, радиорелейной и проводной линии связи существенно снижается относительно вероятности повреждения хотя бы одной из указанных линий связи и вследствие этого живучесть СОН увеличивается.

3.Принцип модульного построения СОН на основе цифровых и компьютерных технологий связи.

Такой подход к построению СОН обеспечивает возможность решения различных функциональных задач одним модулем. В соответствии с этим принципом могут быть разработаны: модуль ЦО, модуль междугороднего телефонного вещания, модуль междугородного телевещания, модуль местной телефонной станции, модуль местных узлов телерадиовещания, различные устройства по доведению аудио и видео информации до населения.

В основе этого принципа находится известное положение о том, что сокращение числа элементов системы снижает ее уязвимость от ПФЧС[34].

4. Принцип адаптивности функционирования СОН. Этот принцип предусматривает переход в случае повреждения отдельных элементов СОН на использование дополнительных структурных и функциональных возможностей, находящихся в СОН, как структурно- сложных систем.

Практически этот принцип реализуется на основе построения СОН в виде сетецентрических структур, с наличием дополнительных обходных путей связи между управляющим и управляемым центрами оповещения, а так же на основе использования автономных источников электропитания и комплексного применения проводного и эфирного телерадиовещания и др.

5. Принцип восстанавливаемости поврежденной СОН за случайное время $\mathrm{T_в}$, не превосходящие заданного времени $t_з$, $T_в \leq t_з$.

Выполнение события $T_в \leq t_з$ может быть достигнуто на основе улучшения ремонтопригодности поврежденных СОН, наличия номенклатуры и количества ЗИП, а так же подготовленности специалистов к ремонту поврежденных СОН.

Способы обеспечения живучести СОН

Под способом обеспечения живучести будем понимать практическую реализацию одного или нескольких принципов повышения живучести СОН. Рассмотрим некоторые из возможных способов обеспечения живучести СОН.

1. Способ эффективной защиты наиболее значимых элементов СОН.

Поскольку СОН представляет собой подкласс иерархических систем управления, в которых управляющие центры относительно управляемых считаются значимыми элементами поскольку иерархический принцип подчиненности сохраняется на каждом иерархическом уровне оповещения то:

во-первых, защите от ПФЧС мирного и военного времени подлежат все центры оповещения независимо от принадлежности СОН к уровню управления РСЧС;

во-вторых, чем выше уровень оповещения, тем более высокая степень защиты ЦО от ПФЧС должна быть обеспечена.

Этот способ защиты предусматривает размещение ЦО в ГЗПУ и ЗЗПУ, защищенных от ПФЧС мирного и военного времени.

Так как ЗЗПУ пространственно размещен на достаточно большом расстоянии от ГЗПУ и имеет определенную степень защиты от ПФЧС, то одновременное разрушение ГЗПУ и ЗЗПУ от воздействия ПФЧС можно считать маловероятным событием.

2. Способ использования кратчайших путей связи между управляющим ЦО и управляемым.

Практическое применение этого способа приводит к уменьшению вероятности повреждения пути связи от воздействия ПФЧС и, следовательно, к повышению живучести СОН.

Кратчайшие пути связи управляющего ЦО с управляемыми должны быть определены заблаговременно с учетом особенностей функционирования, действующей на территории государственно-административного образования, соответствующей подсистемы связи и оповещения.

3. Способ создания и применения мобильных центров оповещения.

Особенность этого способа заключается в том, что в случае возникновения ЧС мобильный центр оповещения может быть размещен в любой географической точке пространства, подверженной воздействию ПФЧС, в том числе и в непосредственном близости от эпицентра ПФЧС.

Наличие мобильного ЦО в структуре СОН увеличивает число живучих состояний НО, что приводит к снижению риска повреждения в целом СОН в случае воздействия на нее ПФЧС.

4. Способ иерархической подчиненности и взаимозаменяемости центров оповещения.

Этот способ предусматривает возможность передачи функции управляющего ЦО, в случае его повреждения, на один из управляемых. В результате такого подхода к передаче функций управляющего ЦО на подчиненные, увеличивается число живучих состояний СОН

5. Агрегатный способ восстановления поврежденных СОН [10,11,34].

В основе этого способа находится модульный принцип построения СОН. При таком построении задача восстановления поврежденной СОН за время $T_в \leq t_з$ решается путем замены поврежденного модуля на исправный, находящейся в запасе.

Данный способ предполагает решение задачи обоснования номенклатуры и числа запасных модулей, необходимых для восстановления живучести СОН

6. Способ передачи тревожных сообщений населению об угрожаемой опасности на основе использования сотовых, транкинговых и пейджинговых систем связи.

Рассмотренный перечень принципов и способов обеспечения живучести СОН не следует считать окончательным. Практическая потребность в разработке новых и развитие уже известных теоретических положений анализа и синтеза живучих СОН является актуальной научной задачей, решение которой составляет научно- практическую основу для обоснования более эффективных принципов и способов повышения живучести СОН.

В условиях локальных военных конфликтов значимыми задачами также являются обеспечение помехозащищенности и безопасности СОН.

Помехозащищенность СОН

Под помехозащищенностью СОН будем понимать их способность обеспечивать передачу сигналов оповещения в условиях воздействия радио помех.

В [8] показано, что для СОН можно допустить сбои связи в условиях непреднамеренных помех не более 10 сек с вероятностью связности $P_c \geq 0{,}98$.

Приведенные характеристики помехозащищенности СОН можно улучшить, если применить шумоподобные сигналы, которые могут увеличить помехозащищенность СОН как от преднамеренных, так и непреднамеренных помех. Реальные предпосылки для такого подхода к повышению помехозащищенности СОН, в связи с переходом на цифровую и оптоволоконную технику связи, имеются.

Основной характеристикой систем широкополосной связи является база сигнала B, под которой понимается произведение ширины спектра сигнала Δf_c на его длительность T:

$$B = \Delta f_c * T$$

Для фазоманипулированного сигнала B=1, так как для такого сигнала справедливо равенство: T= $1/\Delta f_c$.

При этом высокая помехозащищенность СОН достигается за счет того, что отношение «сигнал-помеха» относительно узкополосных сигналов увеличивается пропорционально базе сигнала:

$$\gamma = \frac{P_c}{P_n} B,$$

где P_c - мощность сигнала; P_n - мощность помехи; B$\geq$1 – значение базы сигнала.

Таким образом, принятые значения характеристик помехозащищенности СОН будем считать приемлемыми.

Безопасность СОН

Под безопасностью будем понимать способность СОН обеспечивать сохранение втайне от противника содержание передаваемых сигналов оповещения и противостоять вводу ложной информации.

Безопасная СОН в процессе ее функционирования не должна переходить в опасное состояние.

Основными инициирующими условиями перехода СОН в опасное состояние могут быть: несанкционированный запуск, а также низкая криптостойкость и имитостойкость передаваемых сигналов оповещения.

Несанкционированный запуск может быть предотвращен выполнением некоторых организационных мер. Это, например, ограничение должностных лиц, допущенных к эксплуатации СОН, применение эффективных способов паролирования, позволяющих идентифицировать принадлежность должностных лиц по признаку «свой-чужой», передача сигналов оповещения по мажоритарным системам связи, получение подтверждения о приеме сигнала оповещения и др.

Заметим, что переход на цифровые технологии связи способствует увеличению криптостойкости и имитостойкости передаваемых сигналов оповещения.

Действительно, цифровая техника связи упрощает техническую возможность увеличения элементности шифрующего кода, и вследствие этого повышается криптостойкость и имитостойкость сигналов оповещения.

Кроме того, в цифровой широкополосной системе связи увеличивается безопасность передачи шумоподобного сигнала оповещения (его криптостойкость и имитостойкость), вследствие уменьшения его спектральной плотности и увеличения базы сигнала. Действительно, отношение спектральной плотности сигнала $N_с$ к спектральной плотности шумов $N_ш$ в B раз меньше, чем у узкополосных сигналов [8]:

$$G_c = \frac{N_c}{N_ш} = \frac{2P_c}{N_ш \Delta f_c} = \frac{2P_c T}{N_ш B}.$$

Следовательно, выделить полезный сигнал из шума можно только при известной шифрующей последовательности, энтропия которой может быть достаточно высокой.

Таким образом, использование широкополосной связи и шумоподобных сигналов оповещения одновременно обеспечивает высокую помехозащищенность и безопасность СОН.

Из рассмотренных положений следует, что при переходе на цифровые способы передачи-приема сигналов оповещения можно обеспечить достаточно высокую безопасность СОН. В МЭК 61511-1- 2003г. определены 4 уровня полноты безопасности систем по частоте опасных отказов в час, которые представлены в табл. 8.1.

Таблица8.1.

Уровни полноты безопасности по частоте опасных отказов.

Уровень полноты безопасности	Предельная частота опасных отказов в час
4	$\geq 10^{-9} до < 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-8} до < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7} до < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6} до < 10^{-5}$

Очевидно, наиболее приемлемым уровнем полноты безопасности для СОН является 4 уровень, которому соответствует предельная частота опасных отказов в час,

равная$\lambda_н \geq 10^{-9} до \lambda_н < 10^{-8}$. Эти значения предельной частоты опасности отказов в час могут быть приняты в качестве требований к безопасности СОН.

8.3.2. Особенности медицинского обеспечения в районах локальных военных конфликтов[79]

Из-за возможности возникновения на территории России локальных, региональных и крупномасштабных войн, создание группировки сил ГО и ее медицинского обеспечения должно носить многовариантный характер с учетом реального сценария возникновения и развития военного конфликта.

Локальные военные конфликты, происходят, как правило, в правовом поле мирного времени, без проведения мобилизационных мероприятий. Поэтому для ведения АСДНР и первоочередного обеспечения населения, пострадавшего от военных действий или вследствие этих действий, целесообразно создавать временные группировки медицинских сил РСЧС под эгидой МЧС России, в состав которых, при необходимости, должны быть включены мобильные нештатные территориальные формирования МС ГО здравоохранения.

Практика показала высокую уязвимость и незащищенность мирного населения в зоне боевых действий. Установлена неготовность мирных граждан к действиям по использованию средств индивидуальной и коллективной защиты, а также по оказанию первой помощи, пострадавшим в ходе военного конфликта. Специализированная помощь больным и раненым гражданам, пострадавшим в зоне вооруженного конфликта, их стационарное лечение и реабилитация, должны осуществляться с использованием возможностей крупных лечебных учреждений соседних субъектов РФ, которые выделяют для этой категории пострадавших больничные койки в соответствии с квотой, определяемой приказом Минздрава РФ.

В зонах локальных военных конфликтов, в условиях возникновения массовых санитарных потерь целесообразно использование кадровых и материальных ресурсов медицинских сил ГО здравоохранения и спасательных медицинских служб ГО, с привлечением нештатных территориальных медицинских формирований санитарно-противоэпидемического профиля и учреждений медицинского снабжения, станций переливания крови, санитарно-транспортных формирований ГО.

8.3.3. Мероприятия радиационной и химической защиты[80]

В ходе локальных военных конфликтов радиационная обстановка может возникнуть в результате применения боеприпасов с обедненным ураном, в зависимости от масштабов применения таких боеприпасов она по масштабам может быть соизмеримой с радиационной обстановкой, образовавшейся при авариях на Фукусима-1 и даже Чернобыльской АЭС. Особенностью поражающего действия на людей является преимущественно ингаляционное поражение за счет выделения, при взрыве бронебойного снаряда, в атмосферу обеднённого урана в виде «керамического аэрозоля», который может распространяться на десятки километров. Попадая в организм человека, керамические частицы (пылевые частицы обедненного урана) накапливаются в печени и почках, что способствует возникновению раковых заболеваний, вызывает различные поражения внутренних органов и изменения у последующих поколений на

[79] Лобанов А.И., Ткаченко Т.Е. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

[80] Решетников В.М. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

генетическом уровне. Кроме того, опыт локальных войн в Ираке и на Балканах, показывает, что радиоактивному загрязнению будет подвержена не только местность, но и открытые водоемы, небезопасны в радиационном отношении будут бронеобъекты, бетонные сооружения пораженные такими боеприпасами.

Таким образом, особенности выполнения мероприятий радиационной защиты могут заключаться в следующем:

постоянное использование противоаэрозольных респираторов, простейших средств защиты органов дыхания населением и спасателями в течение всего вооруженного конфликта, независимо от того, что ядерное и химическое оружие не применялось;

особое внимание уделять функционированию сети наблюдения и лабораторного контроля, развертыванию постов радиационного и химического наблюдения и осуществлению радиационного контроля в местах массированного применения авиации и близлежащих открытых водоисточников;

организация контроля степени радиоактивного загрязнения респираторов, их замены и восполнения;

ведение радиационной разведки осуществлять немедленно после массированных налетов авиации на колонны техники, потенциально опасные объекты, объекты особой важности, а также на жилые, промышленные и административные здания;

проведение профилактической частичной специальной и санитарной обработки, с обязательным полосканием полости рта и промыванием носа населением, спасателями и персоналом объектов экономики после массированных налетов авиации;

создание повышенных запасов противоаэрозольных респираторов, организация сбора и утилизации радиоактивно загрязненных респираторов.

Химическое заражение при локальных военных конфликтах может возникнуть в результате разрушения обычными боеприпасами химически опасных объектов, диверсионного разрушения емкостей с аварийно химически опасными веществами, либо применения химического оружия. Особенностью поражающего действия будет возникновение очагов химического поражения с одним, а иногда и несколькими аварийно химически опасными веществами. В настоящее время накоплены запасы средств защиты органов дыхания для населения, персонала объектов экономики и спасателей, которые обеспечивают надежную защиту от отравляющих веществ, кратковременно защищают от хлора и практически не защищают от аммиака и других АХОВ. Для устранения такого положения разработаны дополнительные патроны газовые (ДПГ-3), которыми обеспечивается население, персонал и спасатели из расчета 40% от потребности в противогазах. Такая обеспеченность ДПГ-3 не позволяет осуществить защиту всего населения, персонала или спасателей.

Особенностями выполнения мероприятий химической защиты в локальных военных конфликтах могут быть:

создание запасов и оснащение противогазами, обеспечивающими защиту от всех АХОВ, типа ГП-7Б, ВК, ГП-10, ГП-15;

для выявления химической обстановки потребуются приборы, стоящие на снабжении сил РСЧС на мирное время и не все еще НАСФ обеспечены такими средствами;

при нейтрализации АХОВ требуется значительное количество воды (например, для газообразного хлора на 1т до 500 т воды) либо растворов (для хлора 25 т гидроокиси натрия, для аммиака – 2т 10% раствора соляной или уксусной кислоты). Соот-

ветственно при нейтрализации потребуется привлечение значительного количества поливомоечных, пожарных машин либо авторазливочных станций типа АРС-14, а также заблаговременное уточнение местной производственной базы, где возможно пополнение указанными компонентами;

при отсутствии противогазов можно использовать ватно-марлевую повязку или подручные изделия из ткани, смоченные с воде, 2-5%-ном растворе пищевой соды (для защиты от хлора) либо 2%-ном растворе лимонной или уксусной кислоты (для защиты от аммиака);

при выходе из зоны заражения лифтом не пользоваться, выходить перпендикулярно направлению ветра, на расстояние не менее 1,5 км от предыдущего места пребывания;

при невозможности покинуть зону заражения необходимо: плотно закрыть двери, окна, вентиляционные отверстия и дымоходы, имеющиеся в них щели заклеить бумагой или скотчем.

Нельзя укрываться на первых этажах зданий, в подвалах и полуподвалах при заражении хлором и на верхних этажах при заражении аммиаком.

8.3.4. Противопожарные мероприятия[81]

Борьба с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий, является более эффективной при заблаговременном осуществлении комплекса профилактических противопожарных мероприятий гражданской обороны инженерно-технического характера: планировочных мероприятий, повышения огнестойкости, применения пожарной автоматики, снижение пожарной опасности технологических процессов и др. Основные мероприятия этого комплекса должны проводиться заблаговременно в мирное время. В период непосредственной угрозы агрессии и в военное время в короткие сроки выполняются мероприятия неотложного характера.

Проводимые мероприятия имеют своей целью - исключить или снизить возможность возникновения и развития массовых пожаров, особенно сплошных, и создать необходимые и достаточные условия для успешной борьбы с этими пожарами при выполнении задач, стоящих перед противопожарными формированиями гражданской обороны.

Мероприятия оперативно-тактического характера проводятся с целью успешной борьбы с возникшими массовыми пожарами: создания рубежей локализации пожаров, дополнительных запасов воды, противопожарного обеспечения действий сил ГО и др.

Противопожарные мероприятия осуществляются исходя из оценки населенных пунктов и объектов защиты, их категории по гражданской обороне и характеристики пожарной опасности. При этом учитываются расчетные мощности возможных ударов противника и степень воздействия поражающих факторов, вызывающих пожары.

Повышение противопожарной устойчивости населенных пунктов и объектов экономики от ядерных ударов, предусматривает в первую очередь их защиту от светового излучения и воздушной ударной волны.

[81] Федотов С.Б. Каф. 24 «Пожарной безопасности»

Основные пожарно-профилактические мероприятия борьбы с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий, составляют планировочно-строительные и технологические мероприятия.

Планировочно-строительные противопожарные мероприятия предусматриваются при градостроительной деятельности, составлении генеральных планов по планировке и застройке новых и реконструкции существующих поселений и городских округов. Учитывается, что противопожарная устойчивость поселений и городских округов зависит от следующих факторов: расположения и группировки зданий на территории, плотности застройки, рельефа местности, степени огнестойкости и этажности зданий, противопожарных разрывов между зданиями, кварталами, микрорайонами и др.

В современных условиях актуальным остается уменьшение уязвимости поселений от поражений ядерными боеприпасами. С этой целью, вместо круговой или квадратной формы населенных пунктов, является форма вытянутого прямоугольника. При соотношении сторон 1:4 ожидаемый ущерб по площади может составить до 60% от круговой формы, а прямоугольная форма поселения с соотношением сторон 1:5 может снизить ущерб до 37%.

Снижение количества массовых пожаров, которые могут возникнуть в момент ядерного взрыва, достигается ограничением распространения пожаров, особенно - предупреждением образования сплошных пожаров и огневых штормов, как наиболее сложных разновидностей массовых пожаров в очаге ядерного поражения.

С целью недопущения образования огневых штормов в застройке городов зеленые насаждения (парки, скверы), свободные от застройки территории (спортивные площадки, стадионы), водоемы увязываются в единую систему, предусматривающую членение селитебной территории на жилые районы. Противопожарные разрывы между жилыми районами должны быть достаточным для того, чтобы ограничить распространение пожаров с одного жилого района на другой.

Особую опасность возникновения и распространения пожаров на жилой сектор и другие объекты представляют промышленные предприятия. К их размещению и противопожарной защите предъявляются специальные требования.

Уровень опасности распространения пожаров на жилой сектор и другие объекты, предприятия по переработке и хранению ЛВЖ и ГЖ снижается при их размещении ниже по уклону местности по отношению к жилым массивам, промышленным предприятиям, магистральным автомобильным и железным дорогам. Такое расположение взрывопожароопасных предприятий исключает уничтожение соседних объектов в случае пожаров, сопровождаемых выбросом горящей жидкости или розливом ее при разрушении емкостей.

Кроме того, должны предусматриваться специальные устройства для отвода разлившейся жидкости в безопасные места. В качестве безопасных мест для отвода горящих жидкостей выбираются, как правило, естественные овраги, карьеры и т. п.

Большое значение по повышению противопожарной устойчивости объектов экономики от массовых пожаров имеют мероприятия, направленные на противопожарную защиту технологических линий и в целом процессов производства.

К эффективным противопожарным мероприятиям гражданской обороны инженерно-технического характера относится повышение огнестойкости, достигаемое:

1) внедрением огнестойкого строительства при сооружении жилых, общественных и производственных зданий - пропитки и обмазки огнезащитными составами строительных конструкций, выполненных из горючих материалов;

2) экранизации от светового излучения открытых пожароопасных технических установок и др.

К основным противопожарным мероприятиям гражданской обороны инженерно-технического характера относится внедрение автоматических средств обнаружения и стационарных автоматических установок пожаротушения на опасных в пожарном отношении технологических линиях. Комплекс мероприятий по повышению противопожарной устойчивости технологических производственных линий направлен в основном:

на оснащение их средствами пожарной автоматики;

на сокращение обращающихся в производстве легковоспламеняющихся, горючих жидкостей и газов;

на предотвращение разлива жидкостей на большие площади и выхода в атмосферу горючих газов;

на предотвращение воспламенения жидкостей и газов от светового излучения при ядерном взрыве.

К противопожарным мероприятиям по созданию необходимых условий для успешного тушения массовых пожаров относятся мероприятия по обеспечению водой городов и объектов экономики. Следует учитывать, что многие городские и объектовые пожарные или пожарно-хозяйственные водопроводы не рассчитаны на тушение массовых пожаров. При нанесении ударов противника многие участки водопроводов могут быть отключены. Поэтому в качестве основных водоисточников для тушения массовых пожаров в очагах поражения должны предусматриваться, главным образом, естественные водоисточники (реки, озера, пруды), а также искусственные, специально создаваемые для тушения пожаров водоемы.

Основным видом действий по тушению пожаров является прекращение горения. Горение веществ и материалов может быть прекращено следующим способом:

охлаждением водой, растворами смачивателей, углекислотой и другими огнетушащими веществами, которые отнимают часть тепла, идущую на продолжение горения;

изоляция зоны горения пенами, порошками, песком, покрывалами и другими средствами, прекращающими поступление горючих веществ или воздуха в зону горения;

разбавлением реагирующих в процессе горения веществ водяным паром, углекислым газом, азотом и другими не поддерживающими горение газами;

химическим торможением реакции горения галоидированными углеводородами (бромэтил, фреоны).

Выбор способов и приемов прекращения горения зависит от условий и обстановки на пожаре, а также от наличия тех или иных технических средств подачи огнетушащих веществ. Например, для тушения развившихся наружных пожаров твердых материалов применяется охлаждение, для тушения жидкости в резервуарах - изоляция. Способы разбавления и химического торможения используются при тушении небольших пожаров. В отдельных случаях для прекращения горения применяют сочетание перечисленных способов. При этом один из них является основным. Действия по ограничению распространения горения называются локализацией пожара.

Основными приемами ограничения распространения горения на пожарах являются: использование огнетушащих средств; создание заграждений; создание разрывов; изменение газообмена.

8.3.5. Организация медицинского обеспечения в лагерях размещения беженцев и вынужденных переселенцев[82]

На протяжении всей истории население покидало места ведения боевых действий и стихийных бедствий. Во время Второй мировой войны в Европе остались без жилища 60 млн человек. Происходил массовый уход населения из городов, подвергшихся налетам бомбардировочной авиации противника. Из городов Англии эвакуировано 1,3 млн жителей, из городов Германии – несколько миллионов человек (Петленко В.В., Козаченко В.И., 1996). Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов второй половины XX столетия показал, что в условиях локальных войн и вооруженных конфликтов первоочередное жизнеобеспечение беженцев и вынужденных переселенцев также представляет серьезную проблему, так как число этих людей, вынужденных из-за военных действий бросить свои жилища, может составлять десятки и сотни тысяч человек. Беспрецедентным массовым бегством был поток беженцев во время вторжения Ирака в Кувейт, где, по данным ООН (Хроника ООН т. XXVIII № 4-1991.- С.47), с 2 августа 1990 г. в положении временно или постоянно перемещенных лиц оказались примерно 5 млн. человек. За это время, как сообщалось, тысячи курдов, главным образом детей и женщин, умерли от голода и переохлаждения. В некоторых районах от недоедания и болезней ежедневно погибали до 800 чел.

Во время агрессии НАТО против Югославии в 1999 г. десятки тысяч беженцев переместились из провинции Косово в сопредельные страны Европы, где длительное время размещались в палаточных городках. Во время второй Чеченской военной кампании в январе 2000 года, по официальным данным, численность вынужденных переселенцев составила более 250 тыс. человек, 35 тыс. из которых были размещены в 11 лагерях. Около миллиона беженцев покинули зону вооруженного конфликта на Юго-Востоке Украины (2014) и были размещены на территории РФ.

Сегодня 75% из 15 млн. беженцев в мире – это женщины, дети и старики, нередко обремененные хроническими болезнями. Многие из них не имеют ни теплой одежды, ни запасов продовольствия и воды, ни денег, чтобы это приобрести. Нередко среди них возникают вспышки инфекционных заболеваний, возможны случаи смерти больных пожилых людей из-за отсутствия возможности получения медицинской помощи.

Опыт показал, что важной составной частью первоочередного жизнеобеспечения населения, пострадавшего при ведении военных действий или вследствие этих действий, является организация медицинского обеспечения в лагерях беженцев. Развернутые, как правило, в палаточных городках, железнодорожных вагонах и других временных жилищах, эти лагеря не могут обеспечить с началом сезона дождей и в холодное время года приемлемые санитарно-гигиенические условия для длительного проживания в них малолетних детей, женщин и стариков.

Скученность проживания, постоянное переохлаждение, отсутствие возможности помыться, сменить белье, трудности с организацией горячего питания и обеспечения доброкачественной водой часто приводят к возникновению простудных заболеваний и вспышкам инфекционных болезней среди беженцев. Нередко находящиеся

[82] Лобанов А.И., Ткаченко Т.Е. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

в лагерях люди нуждаются в оказании экстренной медицинской помощи по поводу ранений и повреждений, полученных в результате нахождения в зоне боевых действий, а также при возникновении у них различных заболеваний и бытовых травм. В том числе нередко требуется оказание специализированной медицинской помощи и лечение в условиях стационара, изоляция и лечение больных инфекционного и психиатрического профиля. Немаловажную проблему представляет необходимость оказания психологической и психотерапевтической помощи беженцам, многие из которых нередко находятся в состоянии тяжелого психологического стресса, вызванного страхом за свою жизнь, пережитым насилием, гибелью родных и близких людей, утратой всего нажитого имущества.

Полевые условия размещения и организации быта людей в лагерях беженцев требуют проведения особо строгих мер санитарно-гигиенического и эпидемиологического контроля за объектами водоснабжения, питания, своевременным обустройством выгребных ям и туалетов, проведением дезинфекции, дезинсекции и дератизации как всей территории лагеря, так и возможных очагов инфекционных заболеваний среди беженцев.

Специалисты санитарно-эпидемиологической службы участвуют в выборе населенных пунктов и территорий для развертывания лагерей беженцев и осуществляют санитарный надзор в местах их временного размещения. Прибывающие в места размещения беженцы подвергаются медицинскому осмотру с целью оказания им необходимой медицинской помощи и выявления инфекционных больных. При возникновении эпидемических показаний осуществляется санитарная обработка прибывших и дезинфекция их личных вещей. Для изоляции и лечения инфекционных больных развертываются временные инфекционные стационары.

Минимальная норма площади для размещения беженцев во временных лагерях должна быть 4,0 – 4,5 $м^2$ на человека.

Температура воздуха в жилых помещениях не должна быть ниже 18 ^{0}С. Норма расхода воды – 10 л в сутки на одного человека, на помывку одного человека – 45 литров. Туалеты оборудуются из расчета: 1 очко на 20 женщин и 1 очко на 40 мужчин. В палаточных городках и временных пунктах размещения беженцев вместо туалетов допускается оборудование ровиков шириной 0,3 м, глубиной 0,5 м и длиной 1 м на 20 человек. Ровики должны располагаться на расстоянии не меньше 200 м от источников водоснабжения. После каждого пользования ровиком проводится дезинфекция нечистот и засыпка их слоем земли. Важное значение имеет организация банно-прачечного обслуживания пострадавшего населения. В этих целях могут быть использованы подвижные дезинфекционно-душевые установки (ДДА, ДДП), банно-прачечные поезда. Организация и выполнение всего комплекса перечисленных мероприятий по медицинскому обеспечению беженцев и вынужденных переселенцев возлагается на органы и учреждения местного здравоохранения, учреждения Роспотребнадзора и созданные на их базе формирования МС ГОЗ и службы медицины катастроф. Руководство организацией медицинского обеспечения беженцев и вынужденных переселенцев в местах их временного и постоянного размещения осуществляют руководители органов управления здравоохранением, а также соответствующие штабы МС ГОЗ и центры медицины катастроф.

Координацию совместной работы разноведомственных медицинских сил и средств в лагерях беженцев по вопросам медицинского обеспечения осуществляют органы управления МЧС России и их медицинские подразделения (специалисты ме-

дицинской защиты главных управлений МЧС России по субъектам Федерации и медицинские службы региональных центров ГОЧС).

В зависимости от масштабов вооруженного конфликта и численности беженцев, а также от особенностей оперативной и медицинской обстановки в зоне военных действий, в т.ч. от наличия и состояния местных органов и учреждений здравоохранения, в целях медицинского обеспечения пострадавшего населения в лагерях беженцев могут развертываться медицинские пункты и передвижные амбулатории.

Для этих целей также могут привлекаться медицинские и санитарно-противоэпидемические формирования и учреждения МС ГОЗ и ВСМК, а также медицинские подразделения МЧС России, бригады и отряды Российского и Международного Красного Креста, других гуманитарных и общественных организаций.

Предпочтение должно оказываться профессиональным медицинским формированиям, оснащенным современным оборудованием модульного типа, обладающим возможностью длительной работы в автономных условиях. Заслуживает пристального внимания опыт организации медицинского обеспечения вынужденных переселенцев во время вооруженных конфликтов в Чеченской Республике, где в силу особенностей обстановки потребовались нестандартные решения. Во время первой (1994 – 1996гг.) Чеченской военной кампании процесс миграции населения из района боевых действий начался стихийно. Разрушение всей системы жизнеобеспечения населения в районах боевых действий, антисанитарные условия проживания, наличие на территории региона активных природных очагов чумы, сибирской язвы, туляремии создали там напряженную эпидемическую ситуацию.

Только после сформирования в Чеченской Республике Территориального управления МЧС России и прибытия туда аппарата Федеральной миграционной службы были развернуты сборно-эвакуационные пункты, организована регистрация вынужденных переселенцев, оказание им медицинской и гуманитарной помощи.

Центр специального назначения «Лидер» МЧС России и группы спасателей Центрального аэромобильного отряда МЧС России обеспечивали эвакуацию пострадавшего населения из районов боевых действий. Для вывоза пораженных из районов, простреливавшихся снайперами и минометами боевиков, использовалась также бронетехника.

Значительный объем работы по оказанию вынужденным переселенцам экстренной медико-санитарной помощи на территории Чечни выполнили формирования и учреждения ВСМК. За время вооруженного конфликта в Чечне в 1994 – 1996гг. полевым многопрофильным госпиталем (ПМГ) ВЦМК «Защита» была оказана медицинская помощь 11 949 раненым и больным.

Во время проведения антитеррористической операции на территории Чеченской Республики в 1999 – 2000гг. основу группировки медицинских сил, предназначенной для медицинского обеспечения пострадавшего населения составили кадровые и материальные ресурсы службы медицины катастроф Минздрава России – полевой многопрофильный госпиталь ВЦМК «Защита», специализированная противоэпидемическая бригада, бригады специализированной медицинской помощи различного профиля, работавшие в лечебных учреждениях освобожденных районов.

В лагерях размещения вынужденных переселенцев были развернуты медицинские пункты. Опыт свидетельствует, что в условиях локальных вооруженных конфликтов, при отсутствии или недееспособности местных органов исполнительной

власти, организацию и проведение эвакуации населения из зоны военных действий целесообразно возложить на Федеральную миграционную службу.

МЧС России в этих случаях может выполнять задачи организации поиска, спасения, оказания медицинской и гуманитарной помощи, размещения, жизнеобеспечения и охраны беженцев и вынужденных переселенцев, принимать участие в розыске без вести пропавших, находящихся в лечебных учреждениях, а также в опознании, захоронении и отправке к местам захоронения погибших граждан

Глава 9. Обеспечение выполнения мероприятий гражданской обороны

9.1. Разведка

9.1.1. Радиационная, химическая и биологическая разведка и контроль[83]

Радиационная разведка ведется в целях своевременного обнаружения загрязнения местности, воздуха, воды радиоактивными веществами, определения характера и степени их загрязнения, отыскания путей и направлений с наименьшими уровнями радиации.

Задачи радиационной разведки:

обнаружение загрязнения окружающей среды, и подача сигналов оповещения;

определение характера, степени и масштаба радиоактивного загрязнения окружающей среды, объектов, техники и людей в зоне ЧС;

установление и обозначение границ зон (районов, участков) загрязнения;

установление направления перемещения радиоактивного облака;

определение направлений и районов с наименьшими мощностями доз;

отбор проб воды, почвы, растительности, продовольствия и т. д.;

метеорологическое наблюдение.

К радиационной разведке привлекаются организации СНЛК, подразделения радиационной и химической разведки соединений и воинских частей Минобороны России, подразделения спасательных воинских формирований, а также аварийно-спасательных формирований.

Перечень задач и объем выполняемых работ, а также состав привлекаемых сил и средств зависит от вида аварии.

Для выполнения задач привлекаются группы (звенья, расчеты) радиационной разведки.

В зависимости от вида аварии (потеря источника ионизирующего излучения, разлив РВ, авария на радиационно опасном объекте и т. п.) для выполнения задач радиационной разведки может привлекаться широкий спектр технических средств, начиная от носимых штатных средств войск РХБ защиты, робототехнических средств и заканчивая поисковыми комплексами наземной и воздушной радиационной разведки.

Радиационная разведка территории в интересах проведения аварийно-спасательных работ ведется, как правило, с использованием наземных и воздушных транспортных средств и только в случаях невозможности их применения – пешим порядком.

Исходя из имеющихся в наличии у руководителя работ в районе радиационной аварии сил и средств, радиационная разведка может проводиться последовательно и (или) параллельно с применением сил и средств наземной и воздушной разведки.

Воздушная радиационная разведка, в зависимости от поставленных задач, может осуществляться специально подготовленными мобильными авиационными подразделениями (звеньями, экипажами) на специально оборудованных самолетах или вертолетах, оснащенных радиометрической (спектрометрической) аппаратурой.

Воздушные средства радиационной разведки используются для оперативного выявления характера и масштабов радиационной обстановки.

Тактика действий экипажа при проведении воздушной радиационной разведки и порядок выбора маршрутов определяются:

[83] Кольцов Г.И. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

задачами, которые решаются на основе данных о радиационной обстановке;
временем, отведенным на проведение обследования (разведки);
допустимыми дозами облучения экипажа;
типом и возможностями измерительной аппаратуры и летательного аппарата.

Наземная радиационная разведка может осуществляться на автомобилях, плавсредствах и других транспортных средствах. Наземная радиационная разведка проводится, как правило, в движении на автомобилях. Короткие остановки могут делаться для уточнения показаний приборов разведки и отбора проб объектов окружающей среды.

В зависимости от задач, поставленных перед подразделением (формированием) наземной радиационной разведки, выявление радиационной обстановки на автомобилях (бронетранспортерах) осуществляется проведением измерений мощностей доз на маршрутах движения (разведки), а также определением характера и степени загрязнения окружающей среды с помощью гамма-спектрометра.

Измеренные через равные (фиксированные) расстояния на местности показатели мощности дозы отображаются на картах (планах - схемах) с указанием точек и времени замеров. При наличии на маршруте движения характерных ориентиров мощность дозы (степень загрязнения) измеряется вблизи таких ориентиров, которые отображаются на карте. Результаты обследования радиационной обстановки фиксируются в журнале.

При достижении заданных (граничных) значений мощности дозы (степени загрязнения) делается короткая остановка для обозначения этой точки знаком (указателем) ограждения и отбора проб почвы с заполнением паспорта на пробу. При измерении мощности дозы непосредственно с машины необходимо учитывать коэффициент ослабления излучений транспортным средством, а также возможность вторичного радиоактивного загрязнения машины до такой степени, при которой оно будет оказывать влияние на показание радиометрической аппаратуры.

В отдельных случаях наземная разведка небольших участков местности (населенные пункты, труднопроходимые участки и т. п.) ведется пешим порядком. Измерения проводятся в соответствии с инструкциями по эксплуатации приборов и рекомендациями по организации действий разведывательных формирований. Группы разведки (не менее трех человек) обеспечиваются средствами защиты от радиации и средствами радиосвязи.

Группы (расчеты, звенья) пешей наземной радиационной разведки выполняют задачи по оценке степени загрязнения труднопроходимых мест, районов и населенных пунктов, где невозможно проведение радиационной разведки на автомобилях. Обследование загрязненной территории проводится методом непрерывного замера мощности дозы. Через каждые 100–300 метров проводятся замеры мощности дозы и плотности загрязнения приборами с нанесением на карту (план-схему) номера точки и времени замера. Маршрут движения расчета (звена) пешей разведки определяется заблаговременно по данным прогноза и уточняется на основании первичных данных о радиационной обстановке, полученных после проведения воздушной разведки.

Окончательные результаты разведки загрязненной территории с указанием значений мощности дозы, времени и мест замеров и отбора проб вместе с картами (планами - схемами) направляются в органы управления и заинтересованные организации для принятия соответствующих решений.

Разведывательная информация должна содержать:

качественный и количественный радионуклидный состав радиоактивного загрязнения;

физические и химические формы нахождения радионуклидов;

площадь и границы радиоактивного загрязнения, мощности доз излучения;

характеристики типовых поверхностей загрязненных объектов.

При проведении измерений и оценке их результатов необходимо руководствоваться действующими временными нормативами радиоактивного загрязнения, устанавливаемыми приказами МЧС России на конкретный период времени, прошедший после аварии на радиационно опасном объекте, а в случае их отсутствия − следующими контрольными уровнями.

Местность или объект считаются незагрязненными:

по мощности дозы γ-излучения – если значение измеренной мощности дозы γ-излучения на высоте 1 м не превышает 28 мкрад/ч;

по загрязненности, поверхностей β-излучающими радионуклидами (по Sr-90) – если зарегистрированная плотность потока β-частиц с поверхности не превышает 10 част./см^2·мин (для остальных β-излучающих радионуклидов − 50 част./см^2·мин);

по загрязненности поверхностей α-излучающими радионуклидами (трансурановые элементы) – если зарегистрированная плотность потока α-частиц с поверхности не превышает 0,2 част./см^2·мин.

При ведении радиационной разведки знаками ограждения обозначаются:

границы зон с мощностями доз излучения 5 мрад/ч, а также с мощностями доз излучения, указанными командиром;

направления обхода зон (районов, участков) радиоактивного загрязнения и подходы в них.

Особенности радиационной обстановки при авариях на РОО:

диапазон типов и масштабов аварий чрезвычайно широк – от локальной утечки до полного взрывного разрушения активной зоны реактора;

в районе атомных электростанций (АЭС) могут быть разбросаны радиоактивные фрагменты конструкций, куски твэлов и т. п.;

радиоактивное загрязнение местности может быть крайне неравномерным;

продукты аварии АЭС сильно обогащены долгоживущими радионуклидами.

Особенности радиационной разведки при ликвидации последствий радиационных аварий:

должна осуществляться не только собственно радиационная разведка, но и поиск локальных радиоактивных источников;

необходим отбор и анализ проб на радионуклидный состав;

достаточно полная оценка радиационной обстановки при авариях по критериям радиационной опасности мирного времени может быть осуществлена только на основе данных, получаемых при комплексных измерениях одновременно по γ-, β-, α-излучениям;

радиационная разведка местности может осуществляться теми же способами и средствами, что и в случае ядерных взрывов;

обработка результатов радиационной разведки местности заключается в приведении измеренных значений мощностей доз к единому времени;

результаты радиационной разведки местности, загрязненной продуктами аварии, могут представляться в виде карт (схем), на которые наносятся данные о мощности дозы в каждой контрольной точке, желательно приведенные к одному времени

после аварии. Точки с одинаковыми (близкими) значениями мощностей доз могут быть соединены изолиниями.

Данные разведки используются для оценки возможного уровня внешнего и внутреннего облучения персонала объекта и населения, для установления необходимости эвакуации (отселения) населения, установления режимов работы людей, привлекаемых для локализации и ликвидации последствий аварий.

В настоящее время выделяют следующие основные способы наземной радиационной и химической разведки (РХР) (рис. 9.1.): объектовый, по направлениям и площадной.

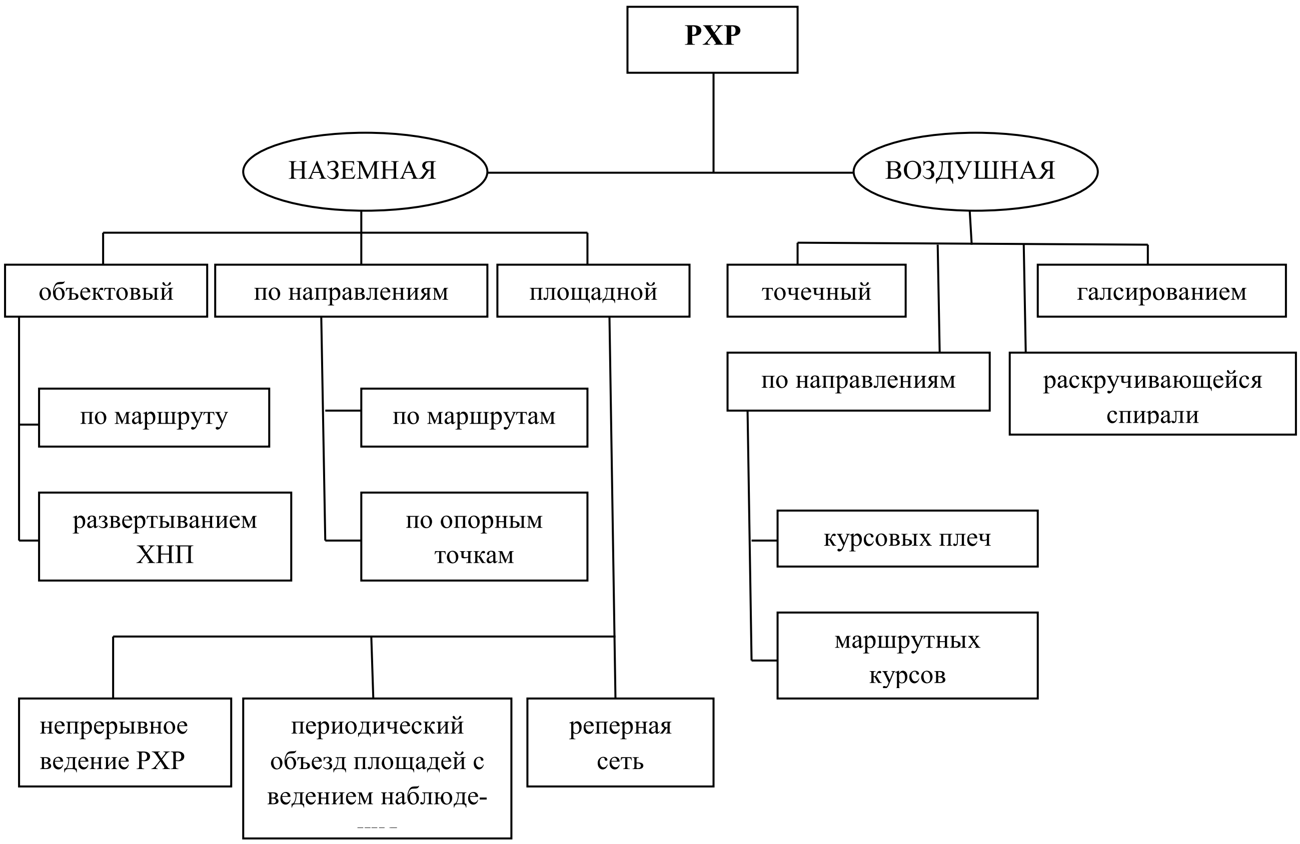


Рис. 9.1. Способы ведения радиационной и химической разведки

Объектовый способ ведения разведки осуществляется, как правило, на конкретном объекте (экономики, войсковом, АСДНР и т.д.) методами движения по маршруту или развертыванием поста радиационного и химического наблюдения.

Ведение разведки по маршруту заключается в проезде по улицам, проходам между цехами, зданиями и сооружениями объекта. Вариант выявления химической обстановки данным методом представлен на рис. 9.2.

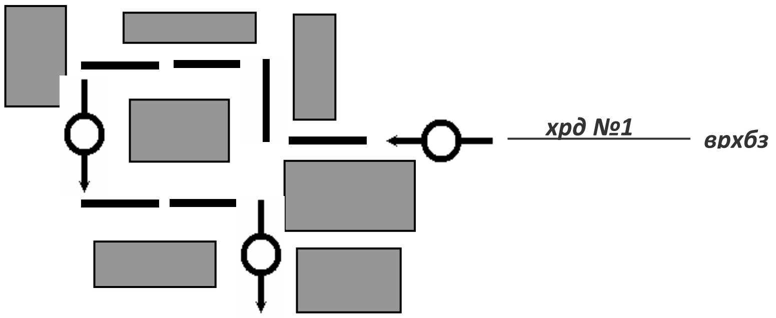


Рис. 9.2. Вариант ведения химической разведки методом по маршрутам

Посты радиационного и химического наблюдения развертываются штатными и специально подготовленными подразделениями в районах размещения пунктов управления, районах проведения АСДНР, районах сосредоточения и т. д. (рис. 9.2.).

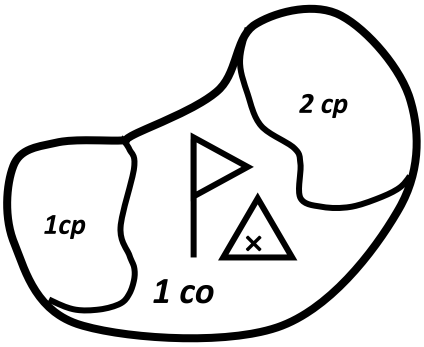


Рис. 9.2. Ведение разведки развертыванием поста радиационного и химического наблюдения

Способ ведения разведки по направлениям применяется для выявления РХ обстановки на маршрутах выдвижения, путях подвоза и эвакуации, определения маршрутов с наименьшими мощностями доз излучения (минимальными концентрациями ОХВ), путей обхода зараженных участков.

В свою очередь, данный способ включает в себя два метода:

по маршрутам – в этом случае разведка осуществляется вдоль дорог (рис. 9.3.);

по опорным точкам (рис. 9.4.) – для построения маршрута движения разведывательного дозора указываются обозначенные на карте и отчетливо видимые на местности ориентиры (опорные точки), в которых проводятся измерения или берутся пробы (например, отдельно стоящее дерево, угол рощи, водонапорная башня, развилка дорог и т. д.).

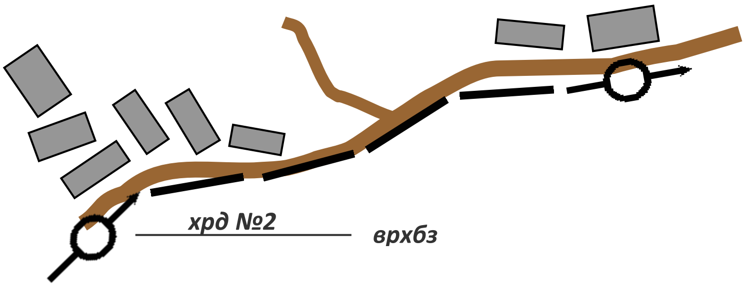


Рис. 9.3. Выявление химической обстановки методом по маршрутам

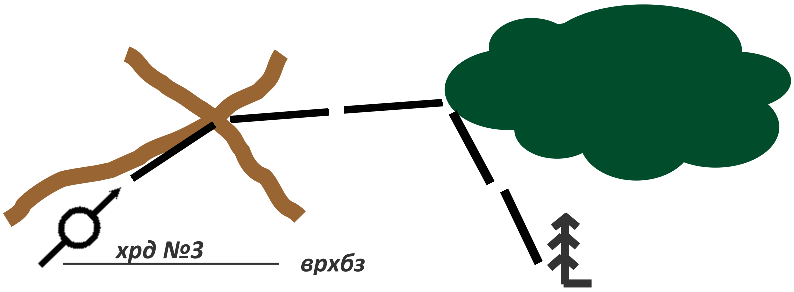


Рис. 9.4. Выявление химической обстановки методом по опорным точкам

Площадной способ ведения РХБ разведки также может осуществляться двумя методами:

методом непрерывного ведения разведки, т. е. путем проезда по указанной площади по направлениям с интервалами 0,4–0,5 км. При длительном ведении разведки на подконтрольной территории выявление обстановки может осуществляться непрерывно как в прямом, так и в обратном направлениях (рис. 9.5.);

методом периодического объезда площади по направлениям с ведением наблюдения, который применяется для экономии сил и средств при ведении разведки. Периодичность определяется старшим начальником в зависимости от складывающейся обстановки. Например, один час может вестись разведка, один – наблюдение.

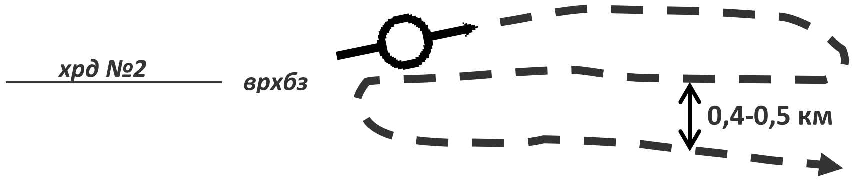


Рис. 9.5. Непрерывное ведение разведки

Метод реперной сети используется для выявления РХ обстановки на значительных площадях или при необходимости контроля за обстановкой длительное время (рис. 9.6.).

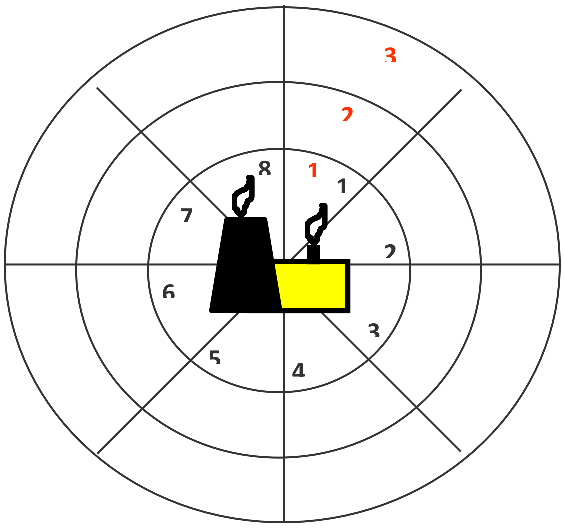


Рис. 9.6. Выявление обстановки методом реперной сети

В этом случае центром исследуемой территории является потенциально опасный объект, а всю прилегающую площадь делят на круговые зоны и сектора. Каждо-

му расчету назначают определенную зону ведения разведки в цифрах (например, 21 – разведку вести во втором секторе первой зоны). При контроле за радиационной обстановкой указывают точки в узлах реперной сети, которые нумеруют по порядку начиная с первой зоны или точки с более высокими мощностями доз излучения и через определенные промежутки времени проводят контрольные измерения.

Воздушная РХБ разведка проводится следующими способами: точечным, по направлениям, галсированием и раскручивающейся спирали.

Точечный – самый простой способ получения первичной информации о направлении распространения облаков и степени РХБ заражения территории путем проведения соответствующих замеров в отдельных точках исследуемой площади.

Способ ведения РХБ разведки по направлениям можно подразделить на два основных метода:

метод курсовых плеч – проведение измерений осуществляется через определенные интервалы времени во время полета по прямой линии (курсовому плечу) между двумя заранее выбранными ориентирами (пунктами);

метод маршрутных курсов – прокладывание маршрута осуществляется вдоль отчетливо видных на земле ориентиров (железная или автомобильная дорога, ЛЭП, опушка леса и т. д.). Замеры производятся в заранее отмеченных точках маршрута или через определенные интервалы пути.

Метод галсирования заключается в постепенном перемещении над контролируемой местностью с длиной галса 5 км и расстоянием между галсами 0,5 км. При определении первоначальных (примерных) масштабов радиоактивного загрязнения расстояние между галсами может быть увеличено до 2 км.

Измерения мощностей доз излучения проводятся, как правило, на краях и в середине галса. Применяется данный способ для выявления обстановки на площадных объектах.

Раскручивающаяся спираль – это раскручивающиеся витки от радиационно (химически) опасного объекта с интервалом 0,5 км. Измерения мощностей доз излучения (концентраций ОХВ) проводятся через определенные интервалы времени.

Тот или иной способ или метод ведения РХ разведки применяется в зависимости от фазы аварии; стоящих перед руководителями ликвидации ЧС на данный период времени задач; наличия времени, сил и средств для выявления обстановки; условий местности и погоды, а также ряда других факторов.

Радиационный контроль ведется за соблюдением норм радиационной безопасности и основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и иными источниками ионизирующего излучения, а также это получение информации об уровнях облучения людей и о радиационной обстановке на объекте, и в окружающей среде.

Цель радиационного контроля – определение степени соблюдения принципов радиационной безопасности и требований нормативов, которые предусматривают не превышение установленных основных пределов доз и допустимых уровней при нормальной работе, а также получение необходимой информации для оптимизации защиты и принятия решений о вмешательстве в случае радиационных аварий, загрязнения зданий и местности радионуклидами. На военное время – это определение работоспособности (боеспособности) населения и персонала объектов экономики (личного состава) по радиационному фактору и степени загрязнения различных поверхностей.

Радиационный контроль включает определение доз облучения населения, сил РСЧС и личного состава (дозиметрический контроль), а также степени загрязнения людей, техники, материальных средств и различных объектов радиоактивными веществами.

Дозиметрический контроль – комплекс организационных и технических мероприятий по определению доз облучения людей, проводимых с целью количественной оценки эффекта воздействия на них ионизирующих излучений и подразделяется на групповой и индивидуальный, для населения допускается осуществлять расчетным методом по мощностям доз излучения и времени работы. По данным контроля определяются режим работы формирований и необходимость направления на обследование в медицинские учреждения.

Индивидуальный контроль проводится с целью получения данных о дозах облучения каждого человека, которые необходимы для первичной диагностики степени тяжести лучевого поражения и сортировке пораженных на этапах медицинской эвакуации. Индивидуальный контроль осуществляется для всех офицеров и прапорщиков, руководящего и командно-начальствующего состава объектов экономики, органов исполнительной власти различного уровня, а также подразделений и формирований, действующих в отрыве от основных сил. Перечисленным категориям лиц выдаются индивидуальные дозиметры и карточки учета доз облучения. Полученные дозы облучения заносятся в карточки учета доз облучения и в журнал контроля облучения.

Групповой контроль организуется командиром (начальником) с целью получения данных о средних дозах облучения личного состава формирований, персонала объектов экономики для оценки их работоспособности. Для этого формирования обеспечиваются измерителями дозы (дозиметрами) из расчета 1-2 дозиметра на группу людей 14–20 человек, действующих в одинаковых условиях обстановки. Снятые показания дозиметров присваиваются каждому человеку данной группы и заносятся в журнал контроля облучения.

Химический контроль – это комплекс организационно-технических мероприятий, проводимых для оценки степени заражения объектов ОВ и АХОВ.

Химический контроль проводится при наличии данных химической разведки о заражении воздуха, местности, зданий и сооружений в районах действий сил РСЧС, а также при заражении воды (источников воды), продовольствия, пищевого сырья, фуража аварийно химически опасными веществами.

Цели химического контроля:

установление наличия и концентрации в воздухе, на местности, зданиях и сооружениях, в продовольствии, воде и фураже АХОВ;

определение необходимости и полноты дегазации (обеззараживания) техники, продовольствия, воды и других материальных средств;

установление возможности действий населения и личного состава без средств защиты.

Основными задачами химического контроля являются:

установление первичного факта наличия АХОВ;

идентификация АХОВ;

определение степени заражения воздуха, местности, зданий, сооружений транспортных и других материальных средств АХОВ;

обнаружение и определение степени заражения продовольствия, пищевого сырья, фуража и сельскохозяйственных животных АХОВ;

обнаружение и определение степени заражения водоисточников АХОВ;

контроль за химической обстановкой во время проведения АСДНР.

Химический контроль организуется уполномоченными и органами управления ГОЧС и МЧС, командирами всех степеней в мирное и военное время. При проведении рассредоточения и эвакуации сотрудников и членов их семей химический контроль организуется и осуществляется председателями эвакокомиссий, начальниками сборных пунктов, эшелонов (колонн).

По данным химического контроля производятся:

оценка работоспособности населения (проживающего вблизи ХОО, на котором произошла авария), сил РСЧС;

определение степени тяжести химических поражений людей, а также формирование сортировочных потоков из раненых и пораженных на этапах медицинской эвакуации;

определение порядка применения формирований и сил РСЧС при проведении АСДНР, планирование их замены или пополнения из резерва;

осуществление санитарно-гигиенических и специальных профилактических мероприятий среди населения, подвергшегося воздействию АХОВ;

уточнение режимов химической защиты сотрудников, рабочих и служащих, оказавшихся в зонах заражения;

определение необходимости и объема проведения работ по санитарной обработке людей, дегазации техники, транспорта, средств индивидуальной защиты, одежды, оборудования и других материальных средств;

определение возможности использования продуктов питания и питьевой воды, оказавшихся в зонах заражения АХОВ, по прямому назначению и для технических целей.

Для проведения химического контроля привлекаются специалисты-химики, входящие в различные звенья штатных и НАСФ, химические и радиометрические лаборатории ГО, разведывательные группы (звенья) общей разведки, формирования и учреждения медицинской службы, лаборатории (учреждения) СНЛК.

Степень заражения объектов определяется после каждого применения противником химического оружия или аварии на ХОО.

В первую очередь химическому контролю подвергаются средства индивидуальной защиты, одежда, обувь личного состава формирований ГО и населения, техника, транспорт, сооружения, а также продовольствие, вода и фураж, оказавшиеся в очаге химического поражения (заражения) или в зоне химического заражения. Контроль осуществляется химиками-разведчиками.

Количественное определение АХОВ в продовольствии и питьевой воде проводится по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения России, а в сырых продуктах животноводства и растениеводства, воде и фураже – по методикам, утвержденным Министерством сельского хозяйства России. На основании полученных результатов учреждения СНЛК определяют пригодность продуктов питания, воды, фуража и выдают заключение о возможности их использования по назначению.

Ветеринарные лаборатории выдают заключение о возможности использования сырых продуктов животноводства и растениеводства для употребления населением, а фуража и воды – для кормления и водопоя сельскохозяйственных животных и птиц. В сомнительных случаях проводится санитарная экспертиза соответственно головными ЦГиЭ и ветлабораториями.

Полнота дегазации техники, транспорта, сооружений и других объектов определяется как после проведения их полной специальной обработки, так и после естественной дегазации (проветривания). При химическом контроле полноты дегазации определяются остаточные количества АХОВ на продегазированных поверхностях объектов.

Полнота дегазации средств индивидуальной защиты, одежды, обуви, техники, транспорта и других объектов определяется на пунктах специальной обработки, станциях обработки техники, санитарно обмывочных пунктах приборами химической разведки, однако не исключается взятие проб с объектов для проведения анализа в химических и радиометрических лабораториях ГО.

Возможность действий личного состава АСФ, рабочих и служащих объектов экономики без СИЗ устанавливается после выявления отсутствия АХОВ в воздухе или на местности приборами химической разведки.

В тех случаях, когда имеются признаки применения (наличия) АХОВ (пораженные люди, сельскохозяйственные животные, птицы и т. п.), но с помощью средств химической разведки и контроля они не обнаружены, принимаются меры для определения факта применения неизвестных АХОВ учреждениями СНЛК или химико - радиометрическими лабораториями спасательных воинских формирований.

9.1.2. Медицинская разведка[84]

Основной задачей медицинской разведки является получение сведений о зоне ЧС и условий, влияющих на сохранение жизни и здоровья населения и личного состава спасательных формирований, их санитарно-эпидемическое состояние и деятельность медицинской службы.

Медицинская разведка ведется в составе комплексной (радиационной, химической, биологической и инженерной) разведки, где медицинские специалисты включаются в состав сводного разведывательного подразделения с соответствующим транспортным средством (автомобиль, бронетранспортер, вертолет, катер). Медицинскую разведку организует руководитель медицинской службы, формирования или подразделения. На медицинскую разведку возлагается сбор информации о:

численности и структуре потерь среди населения, определение мест нахождения пострадавших;

санитарно-эпидемиологической обстановке в зоне ЧС;

потребности в лечебно-эвакуационных и санитарно-противоэпидемических мероприятиях;

наличии и состоянии сохранившихся сил и средств медицинской службы;

определении маршрутов ввода медицинских сил в очаг и выбор площадок для развертывания пунктов сбора пострадавших и мест погрузки их на транспорт;

выборе районов развертывания медицинских отрядов, рот и полевых госпиталей.

Медицинскую разведку ведут специально подготовленные подразделения и группы службы медицины катастроф, медицинских сил ГО здравоохранения, а также привлекаемые к ликвидации ЧС медицинские подразделения Вооруженных Сил. При ведении АСДНР в очагах поражения военного времени для этой цели используются медицинские разведывательные группы, создаваемые на базе отрядов первой медицинской помощи (мобильных медицинских отрядов).

[84] Ткаченко Т.Е. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

Санитарно-эпидемиологическая разведка в зонах ЧС проводится в целях выявления условий, влияющих на санитарно-эпидемиологическое состояние населения и установления путей возможного заражения населения патогенными биологическими агентами (ПБА) и распространения инфекционных заболеваний. Ее ведут группы санитарно-эпидемиологической разведки (ГСЭР), создаваемые на базе учреждений Роспотребнадзора.

Биологическая разведка проводится с целью обнаружения применения противником или террористами биологического оружия, выброса (утечки) ПБА при аварии на объекте биотехнологии, индикации и идентификации ПБА. Биологическая разведка подразделяется на общую и специальную. Общая биологическая разведка ведется силами постов радиационного, химического и биологического наблюдения, учреждениями СНЛК, разведывательными дозорами, частями и органами управления ГОЧС путем наблюдения и неспецифической индикации биологических средств (БС).

Биологическую разведку осуществляют санитарно-эпидемиологические формирования и учреждения сети наблюдения и лабораторного контроля гражданской обороны (СНЛК). Отбор проб для специфической индикации и их доставку в лаборатории осуществляют группы санитарно-эпидемиологической разведки и СПЭО.

Для выполнения поставленных задач разведывательные подразделения должны быть обеспечены специальными средствами защиты, приборами радиационной и химической и биологической разведки, средствами связи и подачи сигналов оповещения, знаками ограждения участков заражения и журналом для записи результатов наблюдения. Группы санитарно-эпидемиологической разведки оснащаются укладками для отбора проб воздуха, почвы, растений, насекомых, грызунов, смывов с поверхности предметов. При наличии инфекционных больных, от них ведется забор материала и его доставка в лабораторию для индикации и идентификации ПБА.

9.1.3. Инженерная разведка[85]

Инженерная разведка организуется и ведется в соответствии с требованиями, предъявляемыми в целом к общей разведке. Главными из этих требований являются: непрерывность, активность, целеустремленность, своевременность и достоверность. Все эти требования взаимно связаны между собой и несоблюдение любого из них осложняет организацию и ведение инженерной разведки, приводит к лишним затратам сил и средств, а в ряде случаев - к срыву выполнения поставленной задачи.

Задачи решаемые инженерной разведкой в районах проведения аварийно-спасательных работ будут определяться конкретной обстановкой в различных чрезвычайных ситуациях.

Основными задачами инженерной разведки в районе массовых разрушений зданий и сооружений (при воздействии противником средств поражения; разрушительного землетрясения, производственных взрывах и т. п.) будут являться:

характер разрушений зданий и сооружений на участке ведения работ;

масштабы и структура завалов;

места, способы и объемы работ по обрушению зданий, сооружений и конструкций, угрожающих обвалом;

проходимость местности на местах проведения работ для тяжелой техники;

объемы инженерных работ по оборудованию подходов к завалам;

[85] Юхин А.Н. 13 Каф. 13 «Инженерной защиты населения и территорий»

объемы по расчистке мест развертывания техники для ведения аварийно-спасательных работ;

характер и объемы работ по локализации и ликвидации повреждений на КЭС;

наличие местных строительных материалов для проведения АСДНР и выполнения задач инженерного обеспечения;

объем работ по оборудованию пунктов водоснабжения;

объем работ по освещению участка ведения аварийно-спасательных работ.

В районе аварии на радиационно-опасном объекте силами и средствами инженерной разведки определяются:

характер разрушения реактора, зданий и сооружений на территории станции;

объем и структура завала вокруг реактора;

объем земляных работ по дезактивации территории станции;

объем работ по устройству бетонных экранов вокруг разрушенного реактора;

объем дезактивации методом срезания грунта (5-10 см) на грунтовых дорогах и обочинах улучшенных дорог;

объем срезаемого грунта с целью дезактивации жилых подворий населения;

объем земляных работ по оборудованию СОП;

места и объемы выполнения водоохранных мероприятий;

места размещения, условия выполнения и объемы работ по оборудованию могильников;

места и объемы по оборудованию пунктов водоснабжения;

наличие и объемы местных строительных материалов для выполнения мероприятий по консервации лесных массивов;

возможные места развертывания и объемы по оборудованию районов развертывания полевых бетонных заводов;

объем работ по освещению мест ведения АСДНР.

В районах наводнений, сходе селей, снежных лавин и оползней определяются параметры наводнения, схода селей, лавин и оползней (скорость течения, движения, глубина затопления, масса селей, снежные лавины и оползня, их высота и ширина);

степень и характер разрушения зданий жилого сектора;

характер и объемы восстановления разрушенных дорог, водо- и селезащитных сооружений;

характер и объемы восстановления мостов;

объемы работ по строительству дополнительных (новых) водо- и селезащитных дамб;

места размещения и объемы работ по строительству могильников для захоронения погибшего скота;

условия проходимости местности для колесной и гусеничной техники за пределами зоны затопления;

возможности использования различных плавсредств для проведения спасательных работ.

В зависимости от масштабов и характера чрезвычайной ситуации, состава привлекаемых сил основными силами инженерной разведки будут являться подразделения наземной инженерной разведки, которые способны добывать наиболее полные и точные данные об инженерной обстановке в районах чрезвычайных ситуаций. Эти данные могут добываться различными способами, основными из которых являются: наблюдение, непосредственный осмотр, фотографирование.

Кроме общих задач инженерной разведки, направленных на инженерное обеспечение действий СВФ и формирований при вводе сил ГО, подразделениями инженерной разведки в очагах поражения и зонах ЧС в мирное и военное время будут выполнять задачи, связанные с оценкой масштабов и характера разрушений в городах и на объектах экономики, а также условий и объемов выполнения АСДНР и ликвидации ЧС. Эти подразделения могут действовать, как после общей разведки, так и в ходе выполнения АСДНР в очагах поражения и в зонах разрушения.

К числу основных данных, необходимых для организации выполнения задач, направленных на своевременное и эффективное проведение мероприятий по спасению пострадавших и ликвидацию ЧС могут быть отнесены:

а) количество разрушенных мостов, дорог, заваленных участков улиц и подъездов к местам выполнения АСДНР;

б) масштабы разрушений зданий, промышленных объектов, убежищ и укрытий, а также сооружений и сетей КЭС;

в) количество заваленных убежищ и укрытий, в которых находятся укрываемые, входов и аварийных выходов их них;

г) количество и состояние пострадавших, находящихся в ЗС, поврежденных и частично разрушенных зданиях, а также под завалами разрушенных зданий;

д) количество и масштабы пожаров на территории очага разрушений;

е) количество и местоположение аварии на сооружениях и сетях КЭС;

ж) количество сохранившейся инженерной техники, материалов и запасных частей на обследованной территории, которые могут быть использованы при проведении АСДНР.

Опыт организации действий подразделений инженерной разведки в зонах разрушений оказывает, что эти данные могут быть подготовлены в результате детального обследования состояния отдельных объектов экономики и участков местности, подвалов и других защитных сооружений. Для этого в составе подразделений инженерной разведки выделяются разведывательные группы или звенья для подготовки данных, указанных в пунктах а, б, д, е, ж. В поисково-спасательных подразделениях должны быть отделения или группы поиска, пострадавших под завалами и в заваленных защитных сооружениях, оснащенные необходимыми приборами, позволяющими подготовить данные по пунктам в, г.

Разведывательные звенья и группы поиска должны быть обеспечены схемами уличной и дорожной сети, КЭС и сооружений. Они должны иметь необходимые справочные данные и характеристики конструктивных элементов основных типов зданий, подвалов убежищ и укрытий, а также данных по степени защиты их от воздействия поражающих факторов современного оружия, взрывов ВВ и ГВС.

Подразделения инженерной разведки, направляемые на промышленные объекты, должны быть укомплектованы специалистами, которые знакомы с размещением отключающих устройств на сетях газо- и топливоснабжения и подготовлены для принятия необходимых мер по безаварийной обстановке производственных процессов и предотвращению возникновения аварийных ситуаций с взрывами и пожарами.

Подразделения инженерной разведки оснащаются средствами связи, биноклями, рулетками, приборами для определения мест разрушения на сетях КЭС, СИЗ, комплектами специальных знаков для обозначения опасных мест и подробными картами района действий звена или группы.

Чтобы успешно выполнить поставленные задачи и своевременно собрать данные, необходимые для принятия решений на ведение АСДНР в очаге разрушений или в зоне ЧС, командиры и основной состав разведывательных подразделений должны заблаговременно изучить особенности района предстоящих действий и в первую очередь характеристики опасных объектов на территории города, места размещения сооружений КЭС, насосных, трансформаторных пунктов, а также отключающих устройств на технологических установках объектов с взрыво-, газо- и пожароопасной технологией.

Масштабы, характер и степень разрушения зданий, сооружений, убежищ и укрытий, а также сооружений и сетей КЭС городов в условиях воздействия поражающих факторов средств массового поражения (в военное время) зависят, главным образом, от величины избыточного давления при взрыве ядерных и фугасных боеприпасов и состояния несущих конструкций.

В зависимости от состояния несущих конструкций после воздействия различных нагрузок, в имеющихся справочниках и пособиях, выделяются пять степеней разрушений: повреждения, слабые, средние, сильные и полные разрушения.

Повреждения, слабые и средние разрушения зданий характеризуются практически полным сохранением каркасов зданий и других несущих конструкций. Разрушаются в основном внутренние перегородки, двери, деревянные перекрытия, крыши, легкие пристройки. Завалы вокруг таких зданий практически не будут затруднять проезд техники и ведение АСДНР. Элементы КЭС могут сохраниться.

При сильных разрушениях зданий возможно обрушение значительной части несущих конструкций (каркасов и стен). Подвалы под зданиями, имеющие прочные перекрытия, каркасы и стены нижних этажей могут сохраниться. На образование завала идет от 50 до 70% материалов всех разрушенных конструкций и других предметов, находившихся в зданиях. Вводы КЭС в здания разрушаются. В подземных сетях возможны разрушения и разрывы трубопроводов, повреждения оборудования в смотровых колодцах, разрушения опор ЛЭП и наружных распределительных газовых сетей низкого давления.

В зоне полных разрушений разрушаются практически все несущие конструкции обычных наземных зданий и сооружений и образуются участки сплошных и очаговых завалов из обломков строительных материалов, мебели, различного оборудования и других предметов.

Разрушаются или повреждаются элементы КЭС и технологические трубопроводы на промпредприятиях. Возможно затопление отдельных объектов, расположенных на пониженных участках местности, при разрушении сетей КЭС.

В справочниках и пособиях по оценке последствий землетрясений принята международная система классификации повреждений и разрушений зданий MMSK-86, в которой выделяются также пять степеней разрушений: слабые повреждения, умеренные и тяжелые повреждения, частичные разрушения и обрушения. Характеристики повреждений (слабых, умеренных и тяжелых) примерно соответствуют рассмотренным выше повреждениям, слабым и средним разрушениям, от действия взрывных нагрузок, а частичные разрушения и обрушения - сильным и полным разрушениям.

Учитывая, что подразделения инженерной разведки не смогут в короткие сроки провести детальное обследования всех зданий и сооружений городской застройки и установить степень их повреждений, можно рекомендовать проводить предваритель-

ную оценку характера и объема разрушений зданий и сооружений по отдельным участкам зон разрушений. В соответствующих нормативных документах и справочниках выделяются две основных зоны разрушений - сильных и возможных разрушений. Установлено, что в зонах сильных разрушений (с давлением свыше 30 кПа) может быть разрушено, не менее 50-70% наземных зданий, а в зонах возможных разрушений (с давлением от 10 до30 кПа) наземные здания капитального типа могут получить слабые и средние разрушения и повреждения.

Конкретные данные о масштабах (объемах) разрушений и завалов, а также объемов АСДНР, на объектах экономики и в жилых районах, подразделения инженерной разведки добывают, как правило, путем непосредственного осмотра поврежденных и разрушенных зданий, заваленных подвалов, убежищ и укрытий. С этой целью из состава группы (отделений, взводов) инженерной разведки формируются разведывательные дозоры в составе 2-3 человек. Каждому дозору определяются объекты разведки и маршруты движения. Количество дозоров для определения характера разрушений и объемов работ по разборке завала и спасению пострадавших, оказавшихся в разрушенных зданиях, заваленных защитных сооружениях, может быть определено из расчета, что за 1 час дозор в составе 2-3 человек может провести разведку (обследование) двух-трех частично разрушенных зданий или двух-трех заваленных убежищ и уточнить количество и состояние пострадавших в них.

На маршруте движения и при обследовании поврежденных и частично разрушенных зданий, подвалов, а также завалов на местах разрушенных зданий, личный состав разведывательных подразделений должен тщательно осматривать территорию и внимательно прислушиваться ко всем звукам, исходящим из-под завалов и верхних этажей зданий.

При обследовании завалов, прежде всего, определяется расположение лестничных клеток, из которых могут быть входы в подвальные помещения. Известно, что лестничная клетка наиболее устойчивая часть здания и ее местоположение можно определить по остовам стен, торчащим лестничным маршам, обломкам дверей и т.п. Обнаружив лестничную клетку, необходимо оповестить людей, которые могут оказаться в подвале о прибытии помощи и узнать о количестве и самочувствии пострадавших и состоянии помещений, в которых они находятся.

При осмотре частично разрушенных и поврежденных зданий определяется наличие висящих конструкций, угрожающих обвалом и состояние лестничных клеток. Если лестничные клетки устойчивы и не угрожают обрушением, разведывательный дозор может начать осмотр внутренних помещений. Если нет возможности проникнуть на верхние этажи по лестничной клетке, разведчики сообщают руководству спасательного отряда о необходимости использования специальной техники для оказания помощи пострадавшим, оказавшимся на верхних этажах.

Обнаружив пострадавших, разведчики обязаны собрать их в одном из сохранившихся помещений нижнего этажа, рассказать им об обстановке. При необходимости оказать медицинскую помощь, организовать обеспечение водой и продуктами питания, а также указать наиболее безопасные маршруты выхода людей к пунктам сбора пострадавших.

При массовых разрушениях промышленных и жилых зданий возможно образование зон сплошных завалов, под которыми могут оказаться подвалы, заглубленные сооружения, убежища и укрытия, встроенные в наземные здания. Наиболее часто за-

валиваются входы в подвалы, защитные сооружения и другие заглубленные помещения, а также аварийные выходы из них.

В этих подвалов, убежищах и укрытиях в военное время и при некоторых ЧС, могут укрываться различные группы населения. Поэтому одной из важных задач подразделений инженерной разведки является определение местонахождения заваленных входов и аварийных выходов из убежищ и укрытий, уточнение состояния людей, оказавшихся в этих сооружениях, а также определение объема работ по откопке сооружений и выводу укрываемых.

Опыт проведения спасательных работ в условиях массовых разрушений и сплошных завалов показывает, что ориентироваться в этих условиях чрезвычайно трудно. Сложно обнаружить входы и выходы из убежищ и подвалов. Поэтому заранее должны быть подготовлены планшеты участков застройки или отдельных районов города, на которых были бы показаны места расположения заглубленных сооружений, а входы и выходы из них должны быть привязаны к незаливаемым ориентирам.

Для обнаружения входов и аварийных выходов из подвальных убежищ могут быть использованы специальные приборы, основанные на приеме и усилении радиосигналов, различных звуковых сигналов, излучаемых специальными датчиками, установленными во входах или аварийных выходах.

Наибольшее распространение в последние годы получили приборы, позволяющие регистрировать и усиливать звуковые сигналы, так называемые геофоны. Приборы такого класса применялись при отыскании людей под завалами, при землетрясениях в югославском городе Скопле, Спитаке, Ленинакане и других населенных пунктах Армении.

При отсутствии специальных приборов разведывательные дозоры в первую очередь устанавливают местонахождение подвалов, убежищ и укрытий, а также пострадавших на объектах с большим скоплением людей - магазинах, железнодорожных, автомобильных, морских и речных вокзалах, театрах и кинотеатрах, выставках, музеях, а также крупных промышленных и других объектах экономики. При осмотре завала от разрушения зданий особое внимание следует уделять обследованию лестничных клеток, т. к. в нижней части их, как правило, расположены входы в подвалы и заглубленные помещения, в которых могут находиться люди.

Заваленные подвалы убежища или укрытия, в которых обнаружены люди, а также места скопления людей в разрушенных зданиях обозначаются специальными знаками. При возможности в ходе разведки дозоры устанавливают связь с пострадавшими, уточняют их состояние и количество, а также объем необходимой медицинской и других видов помощи (обеспечение водой, медикаментами, воздухом и предметами первой необходимости).

Определяются размеры и характеристики завалов над подвалами, убежищами и укрытиями, наиболее удобные места их вскрытия, состояние проходящих вблизи мест нахождения пострадавших, сетей коммунального хозяйства, а также ориентировочные объемы работ и потребность в силах и средствах. Для этого разведывательные подразделения (дозоры) должны быть оснащены типовыми технологическими картами на выполнение различных видов аварийно-спасательных и других неотложных работ, а также характеристиками средств механизации и механизированного инструмента.

Установив характеристики и размеры завала в местах нахождения пострадавших, старший разведывательного дозора (командир разведывательного подразделе-

ния) определяет возможные объемы работ по откопке заваленных подвалов, убежищ и укрытий и деблокированию пострадавших из-под завалов.

О местоположении заваленных подвалов, убежищ и укрытий, а также мест скопления людей, старший разведывательного дозора сообщает руководителю или в штаб поисково-спасательного формирования или командованию войсковой части, от которых был выслан дозор.

9.1.4. Пожарная разведка[86]

Важнейшим видом обеспечения действий сил противопожарной службы является пожарная разведка.

Она проводится в целях сбора информации о пожаре для оценки обстановки и принятия решений по организации действий по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожара.

В зависимости от применяемых сил и средств и характера решаемых задач различают три вида пожарной разведки: космическую, воздушную, наземную.

Космическая пожарная разведка ведется с целью получения основных данных о пожарной обстановке.

Перед ней ставятся задачи:

определить наличие ландшафтных (лесных, торфяных и т.п.) пожаров, а также пожаров в городах и населенных пунктах в масштабах отдельных регионов и страны в целом;

оценить площади пожаров и динамику их изменения;

определить территории, подверженные задымлению.

Воздушная пожарная разведка ведется с целью получения данных о пожарной обстановке в границах военных округов, республик, краев областей и крупных населенных пунктов.

Основными задачами воздушной пожарной разведки являются:

определение наличия и масштабов ландшафтных, городских пожаров, пожаров в других населенных пунктах и на объектах;

определение пожарной обстановки на маршрутах ввода сил ГО в местах (объектах) ведения АСДНР;

оценка состояния естественных и искусственных водоемов и подъездных путей к ним.

Наземная пожарная разведка является основным видом пожарной разведки. Она ведется в интересах начальников ППС ГО всех степеней, начальников подразделений ППС ГО и руководителей тушения пожаров.

Основными задачами наземной пожарной разведки являются:

выявление пожарной обстановки на маршрутах ввода сил ГО в очаг поражения и на объектах спасательных работ, места и размера сплошных пожаров, скорость и направление распространения огня и зон задымления;

изучение наличия и состояния ближайших от маршрутов ввода источников противопожарного водоснабжения, а также кратчайших безопасных путей прокладки рукавных линий к участкам работ;

определение места и размеров пожаров, что горит, путей и скорости распространения огня на объектах спасательных работ;

[86] Фатыхов Р. Р. Каф. 24 «Пожарной безопасности»

определение степени угрозы людям, находящимся в убежищах и горящих зданиях;

выявление пожарной обстановки, состояния водоисточников, безопасных путей прокладки рукавных линий, опасности взрывов, обрушения строительных конструкций, технологического оборудования на участках тушения пожаров.

Пожарная разведка должна проводиться комплексно, активно, целеустремленно и непрерывно. Разведывательные данные должны быть достоверными и своевременными.

В состав сил и средств, предназначенных для ведения пожарной разведки, входят пожарные отделения противопожарной службы, объектовые разведывательные отделения команд пожаротушения невоенизированных формирований ГО.

Пожарная разведка организуется штабом противопожарной службы через оперативные штабы пожаротушения, которые доводят задачи разведки до подчиненных, определяют порядок и сроки их выполнения, организуют подготовку и высылку разведывательных подразделений, обеспечивают непрерывное управление ими с помощью средств связи, собирают и обобщают данные разведки.

Разведывательные группы, как правило, состоят из одного-двух пожарных отделений на пожарных автомобилях повышенной проходимости, а для проведения пожарной разведки внутри зданий - из трех и более человек.

При угрозе нападения противника все силы и средства пожарной разведки приводятся в готовность к действиям, доукомплектовываются до штатной численности, оснащаются средствами защиты, табельными и специальными приборами и оборудованием, необходимым для ведения пожарной разведки и контроля за радиоактивным и химическим заражением местности.

К ведению пожарной разведки привлекаются наиболее подготовленные лица из числа начальствующего и рядового состава.

Наземная пожарная разведка ведется подразделениями разведки самостоятельно или в составе разведывательных отрядов ГО, сил ГО городов и районов в следующей последовательности:

получение приказа на выполнение задачи;

действия разведывательных подразделений на маршрутах ввода сил и средств гражданской обороны;

действия разведывательных подразделений на объектах ведения АСДНР;

доклад о результатах пожарной разведки.

При постановке задачи разведывательному подразделению пожарной разведки указываются:

данные воздушной разведки о пожарной, инженерной и радиационной обстановке в районе ведения разведывательных работ, краткие выводы из оценки обстановки;

исходный пункт и время его прохождения;

маршрут ведения разведки;

какие данные и к какому сроку добыть;

порядок поддержания связи и взаимодействия с разведдозорами воинских частей и формирований ГО, действующих на данном направлении;

порядок доклада о результатах разведки;

пункт сбора после выполнения задачи.

Командиру подразделения пожарной разведки выдается план города с нанесенными маршрутом движения, источниками возможного противопожарного водоснаб-

жения, карточки противопожарного обеспечения маршрута ввода, а также карточки противопожарного обеспечения объектов.

На полученном графическом материале командир подразделения разведки наносит основные положения приказа на выполнение разведывательной задачи.

Разведывательное пожарное подразделение ведет разведку на ходу, с коротких остановок и пешим порядком, уточняет места пожаров, их размеры и направление распространения, при необходимости производит отбор проб воздуха, замеры интенсивности теплоизлучения от горящих объектов и температуры воздуха. При этом, для своевременного принятия мер по защите личного состава сил ППС ГО с помощью приборов радиационной и химической разведки ведется контроль за наличием и степенью заражения маршрута.

Для уточнения обстановки в стороне от маршрута движения, отыскания обхода препятствий, участков радиоактивного и химического заражения, определения состояния водоисточников командир подразделения разведки высылает дозорных не менее 2 человек.

Обнаружив на маршруте ввода зоны сплошных и отдельных пожаров, зоны задымления и загазованности, командир подразделения разведки определяет категорию данного участка маршрута, его длину, наносит результаты разведки на карточку противопожарного обеспечения маршрута ввода формирований и докладывает о результатах начальнику, выславшему разведку.

До прибытия сил противопожарной службы на объект ведения АСДНР подразделение пожарной разведки определяет:

места и размеры пожаров, что горит, скорость и направление распространения огня и зон задымления;

состояние дорог и подъездов к участкам ведения работ на объекте;

опасность взрывов технологического оборудования, растекания горючих жидкостей в районах переработки и хранения ЛВЖ и ГЖ;

наличие угрозы людям, находящихся в убежищах и укрытиях от возникших пожаров, пути и способы спасания людей из защитных сооружений и горящих зданий;

наличие и состояние источников противопожарного водоснабжения, кратчайшие пути прокладки магистральных рукавных линий и места установки пожарных машин к водоисточникам;

исходные рубежи для локализации и тушения пожаров.

С целью получения более полной информации об обстановке на объекте командир подразделения разведки организует взаимодействие с разведывательными подразделениями, действующими на данном направлении.

Результаты разведки передаются начальнику, выславшему разведку, по радиосвязи или нарочным донесением.

9.2. Инженерное обеспечение[87]

Успешное выполнение мероприятий ГО и эффективное действие сил ГО по выполнению задач зависит от всестороннего, в том числе и инженерного обеспечения. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ГО является важнейшим видом обеспечения и направлено на успешное проведение: эвакомероприятий, АСДНР в оча-

[87] Юхин А.Н. Каф. 13 «Инженерной защиты населения и территорий»

гах поражения, зонах заражения и катастрофического затопления, а также на ликвидацию последствий стихийных бедствий и крупных производственных аварий.

Целями инженерного обеспечения являются: создание наиболее благоприятных условий для своевременного и скрытого расположения сил ГО в районах; беспрепятственного выдвижения их в районы проведения АСДНР; успешного выполнения задач в очаге поражения или в ликвидации других ЧС; повышение защиты населения, а также сил привлекаемых для проведения спасательных работ, от различных средств поражения и других поражающих факторов.

При организации инженерного обеспечения мероприятий и действий сил ГО определяются основные задачи инженерного обеспечения, объем, сроки и порядок их выполнения, состав привлекаемых сил и средств, осуществляется усиление (при необходимости); ставятся задачи по инженерному обеспечению; организуется взаимодействие по вопросам инженерного обеспечения между формированиями инженерной службы, а также (при необходимости) с подразделениями СВФ.

Опыт действий сил ГО показывает, что, выполняя основные задачи при ликвидации ЧС в мирное время или в очаге поражения в ходе войны, группировка сил ГО вынуждена занимать и оборудовать исходный район (район сосредоточения), выдвигаться в район выполнения задач и проводить АСДНР.

Анализ характера действий сил ГО и целей инженерного обеспечения показывает, что основными задачами инженерного обеспечения действий сил ГО по инженерно-тактическому признаку будут:

инженерное оборудование районов занимаемых перед выполнением задач при ликвидации ЧС. При этом ведется инженерная разведка района; осуществляется фортификационное оборудование районов расположения и позиций охранения или устраиваются инженерные сооружения для жилья и быта, готовятся и содержатся пути маневра в районе, оборудуются пункты водоснабжения, проводятся инженерные мероприятия по маскировке;

инженерное обеспечение выдвижения сил в районы выполнения задач, которое, в свою очередь, включает: инженерную разведку путей и местности; подготовку и содержание путей; оборудование и содержание переправ через водные преграды; проделывание проездов в разрушениях и заграждениях; непосредственное обеспечение выдвижения сил в районы выполнения задач;

инженерное обеспечение действий сил при проведении АСДНР. При этом ведется инженерная разведка района ЧС или очага поражения; устраиваются проезды в завалах для извлечения пострадавших; производится откопка и вскрытие заваленных ЗС и подача в них воздуха; осуществляется закрепление и обрушение конструкций зданий, грозящих обвалом; проводятся инженерные мероприятия при ликвидации аварий на КЭС; оборудуются ЗС для сил ГО и населения на случай повторного удара противника (повторного толчка при землетрясении, повторных факторов при аварии техногенного характера); проводятся инженерные мероприятия по тушению пожаров; оборудуются пункты сбора пострадавших, медицинские пункты и пункты водоснабжения.

Значительное влияние инженерное обеспечение оказывает на успех осуществления эвакуации населения при угрозе возникновения либо при возникновении ЧС, угрожающих их жизни или здоровью, а также и при проведении других мероприятий ГО.

При проведении эвакуации населения для сбора, учета населения и организованной отправки его в безопасную зону на станциях (пристанях) посадки и маршрутах пешей эвакуации могут создаваться СЭП. Для защиты населения, при необходи-

мости, на СЭП должны быть приведены в готовность имеющиеся убежища, дооборудуются подвалы и другие заглубленные помещения и сооружения, отрываются щели. В помещениях СЭП должно быть оборудовано аварийное освещение с помощью аварийных передвижных электростанций и аккумуляторов или местное освещение (лампы, свечи, фонари). Должны быть оборудованы пункты разбора воды и санузлы.

На пунктах посадки, если они расположены не на существующих посадочных платформах и пристанях, должны быть оборудованы площадки для размещения транспортных средств, подготовлены трапы или лестницы для посадки людей в вагоны или на грузовые автомобили, устроены временные причалы. Для погрузки техники должны быть оборудованы специальные погрузочные площадки.

Подготовка СЭП к приему людей возлагается на объекты, за которыми они закрепляются, а пунктов посадки - на соответствующие транспортные органы.

Для проведения эвакомероприятий важной инженерной задачей будет подготовка и содержание путей, которая заключается в поддержании существующих дорог в проезжем состоянии, оборудовании запасных путей и переходов с одного маршрута на другой, устройство объездов, мостов через узкие препятствия, оборудовании мест запасных переправ, заготовке дорожно-мостовых конструкций для ремонта и восстановления поврежденных мостов.

Подготовка и содержание путей для эвакуации осуществляется автодорожной службой и ее дорожно-эксплуатационными организациями.

При инженерном оборудовании районов размещения населения и расположения сил ГО могут возникнуть следующие задачи: возведение укрытий для населения, техники и материальных средств, подготовка дорог и колонных путей для маневра внутри района и выдвижения их на основные маршруты, оборудование пунктов водоснабжения, проведение мероприятий по маскировке.

Таким образом, основными задачами инженерного обеспечения эвакомероприятий будут: инженерная разведка районов сбора, путей эвакуации и районов размещения эваконаселения; инженерное оборудование сборных эвакуационных пунктов, пунктов посадки и высадки, промежуточных эвакуационных пунктов; подготовка и содержание путей эвакуации; инженерное оборудование районов размещения эвакуированного населения; инженерные мероприятия по маскировке эвакомероприятий.

Приоритетность и объемы задач инженерного обеспечения во всех видах действий сил ГО зависят от масштаба и вида очага поражения, от характера, масштаба и остроты стихийного бедствия или аварии; театра военных действий (региона); времени года и суток; рельефа местности, прилегающей к очагу поражения (к району чрезвычайной ситуации); обеспеченности района дорогами с твердым покрытием и водой; наличием лесного массива и заболоченности; развитости речной и озерной системы и многих других географических, экономических и социальных факторов.

Так, в лесисто-болотистой местности, при вводе сил ГО в очаг поражения, особое значение приобретает восстановление разрушенных участков дорог и дорожных сооружений вследствие того, что движение вне их крайне затруднено. Вместе с тем, на дорогах, в этом случае, будут иметь место лесные завалы, зачастую, большой протяженностью. Проделывание проездов в них потребует значительных затрат сил, средств и времени. Одновременно, в лесах могут возникать пожары, которые будут затруднять, а в некоторых случаях, и воспрещать ремонтные работы на лесных дорогах. В таких случаях, лесные завалы, заграждения и очаги пожаров, как правило, обходят по разведанным направлениям с использованием просек и лесных дорог.

В зимних же, условиях: с одной стороны в значительной мере повышается проходимость вне дорог заболоченной местности после очистки ее от снега, с другой стороны дороги с твердым покрытием, также требуют периодической очистки их от снега. Таким образом, в значительной мере, в этом случае, увеличиваются затраты сил и времени на содержание путей.

Для переправы группировки сил ГО через водные преграды в зимнее время в северных и центральных районах страны могут оборудоваться переправы, а иногда и зимние дороги, по льду, что в значительной мере сократит объемы этой задачи инженерного обеспечения.

Вместе с тем, переправа формирований в весенние и осенние паводки, значительно затрудняется из-за больших объемов по оборудованию и содержанию переправ, а в условиях ледохода, зачастую оборудование переправ становится невозможной или крайне затруднительной. Усложняется в этих случаях и задача по подготовке путей, так как, движение вне дорог крайне затруднено и объемы работ по прокладыванию колонных путей в значительной степени увеличиваются.

В степном районе значительно сокращаются объемы работ по подготовке путей, она, в этом случае, часто сводится к тщательному их обозначению вне дорог. Вместе с тем, увеличиваются объемы таких задач инженерного обеспечения как: добыча и очистка воды, оборудование и содержание пунктов водоснабжения и проведение инженерных мероприятий по маскировке. В зимнее время в таких районах усложняется задача обогрева и укрытия людей.

Таким образом, для определения объемов задач инженерного обеспечения действий сил ГО необходимо тщательно, всесторонне и целенаправленно учитывать условия их выполнения. Для этого, эти условия, еще до возникновения чрезвычайной ситуации, необходимо глубоко изучить, а после ее возникновения своевременно и целенаправленно организовать инженерную разведку, при этом решающее значение приобретают сроки ее проведения.

9.3. Радиационная, химическая и биологическая защита[88]

В системе мероприятий гражданской обороны важное значение имеет организация и ведение аварийно – спасательных и других неотложных работ по спасению населения, оказавшегося в очагах радиоактивного, химического и биологического заражения.

В связи с уточнением военной доктрины, экономической политики государства в военной области и защиты населения, совершенствование спасательных воинских формирований, их организационно – штатной структуры, появился новый вид обеспечения – радиационная, химическая и биологическая защита (РХБ защита). Этот вид обеспечения образовался не на новом месте, а на основе ранее существовавшего – химического обеспечения.

РХБ защита – это комплекс мероприятий, направленных на снижение потерь населения и личного состава спасательных воинских формирований в условиях РХБ заражения.

РХБ защита организуется с целью не допустить или максимально снизить воздействие радиоактивных, аварийно химически опасных веществ и биологических

[88] Кольцов Г.И. Каф. 23 «Радиационной и химической защиты»

средств на население и личный состав спасательных воинских формирований и обеспечить им выполнение задач в условиях РХБ заражения.

Для достижения целей РХБ защиты предусмотрено выполнение двух основных задач:

выявление и оценка масштабов и последствий применения оружия массового поражения, аварий на радиационно и химически опасных объектах, неспецифическое обнаружение биологических средств;

обеспечение защиты населения, сил РСЧС, спасательных воинских формирований, продовольствия и окружающей среды от радиоактивных, отравляющих веществ, аварийно химически опасных веществ и биологических средств.

Для осуществления данных задач предусмотрено проведение следующих мероприятий, соответственно:

прогнозирование, сбор, обработка данных и информация о РХБ обстановке;

радиационная, химическая и неспецифическая биологическая разведка;

радиационный и химический контроль населения, личного состава спасательных воинских формирований, вооружения, техники и материальных средств;

оповещение о РХБ заражении;

использование средств индивидуальной и коллективной защиты, защитных свойств местности и других объектов;

специальная обработка вооружения и техники, обеззараживание обмундирования, вещевого имущества, снаряжения, средств индивидуальной защиты, участков местности, дорог и сооружений и санитарная обработка населения и личного состава спасательных воинских формирований;

определение режимов радиационной и химической защиты населения, спасательных воинских формирований при проведении АСДНР;

обеспечение радиационной безопасности;

обеспечение населения и спасательных воинских формирований вооружением и средствами РХБ защиты.

Содержание мероприятий по радиационной, химической и биологической защите населения и действий сил ГО

Прогнозирование, сбор, обработка данных и информация о радиационной, химической и биологической обстановке организуются для своевременной оценки обстановки, осуществления подготовки предложений руководителю ГО, комиссии по чрезвычайным ситуациям и обеспечению пожарной безопасности (КЧС и ПБ), командирам (начальникам) спасательных воинских формирований для принятия решения по защите населения и ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ. Сбор и обработку данных и информацию о радиационной, химической и биологической обстановке организуют оперативный штаб ликвидации чрезвычайной ситуации и штаб спасательного воинского формирования совместно с начальником службы радиационной, химической и биологической защиты.

До получения от спасательных воинских формирований и НАСФ данных разведки радиационная и химическая обстановка ориентировочно может быть оценена по результатам прогнозирования. При прогнозировании устанавливаются возможные зоны (районы) заражения (загрязнения) местности и атмосферы, спасательные воинские формирования и населенные пункты, оказавшиеся в зонах с высокими уровнями радиации и химического заражения; ориентировочные потери личного состава и населения. По данным прогноза определяются объем задач по защите и ликвидации

последствий, наиболее целесообразные направления и районы ведения радиационной, химической и биологической (неспецифической) разведки.

Радиационная, химическая и неспецифическая биологическая разведка (РХБ разведка) организуется для своевременного обнаружения радиоактивного, химического заражения и обеспечения руководителя ГО, командиров и штабов данными о радиационной и химической обстановке на местности, в воздушном пространстве, акватории, а также о выявленных случаях применения противником биологических средств. Она ведется непрерывно подразделениями наземной и воздушной радиационной и химической разведки и силами организаций и учреждений сети наблюдения и лабораторного контроля.

Подразделения радиационной, химической и биологической разведки спасательных воинских формирований и организаций и учреждений СНЛК выполняют свои задачи химическими разведывательными дозорами и постами радиационного и химического наблюдения.

Химические разведывательные дозоры ведут радиационную, химическую и неспецифическую биологическую разведку на направлениях действий (маршрутах движения) своих подразделений, в районах расположения и в районах ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ. Они определяют границы участков заражения, пути их обхода или преодоления и устанавливают знаки ограждения в районах разведки.

Радиационный и химический контроль населения и личного состава спасательных воинских формирований, техники и материальных средств и объектов тыла осуществляется в целях получения данных для оценки состояния населения и личного состава спасательных воинских формирований по радиационному фактору и определения объема специальной обработки. Он включает определение доз облучения населения, личного состава СВФ и степени заражения людей, вооружения, техники, материальных средств и объектов радиоактивными и отравляющими веществами. Радиационный и химический контроль организуется начальником службы радиационной, химической и биологической защиты, командирами спасательных воинских формирований и проводится подразделениями радиационной и химической разведки и контроля, химико-радиометрическими лабораториями, нештатными аварийно-спасательными формированиями.

Контроль облучения личного состава СВФ и НАСФ подразделяется на групповой и индивидуальный.

Индивидуальный контроль облучения проводится в целях получения данных о дозах облучения каждого человека, которые необходимы для первичной диагностики степени тяжести лучевого поражения и сортировке пораженных на этапах медицинской эвакуации. Индивидуальный контроль осуществляется для всех офицеров и прапорщиков, а также подразделений, действующих в отрыве от основных сил. Перечисленным категориям лиц выдаются индивидуальные дозиметры и карточки учета доз облучения. Полученные дозы облучения заносятся в карточки учета доз облучения и журнал контроля облучения.

Групповой контроль организуется командиром (начальником) с целью получения данных о средних дозах облучения личного состава спасательных воинских формирований для оценки их работоспособности. Для этого формирования обеспечиваются измерителями доз (дозиметрами) из расчета 1–2 дозиметра на группу людей 14–20 человек, действующих в одинаковых условиях обстановки. Снятые показания до-

зиметров присваиваются каждому человеку данной группы и заносятся в журнал контроля облучения.

Групповой контроль расчетным методом заключается в определении дозы облучения населения по средним мощностям доз излучения в населенных пунктах с учетом продолжительности облучения и защищенности людей. Мощности доз излучения измеряются через равные промежутки времени с периодичностью, например: в первые сутки с момента загрязнения – через 0,5–1 ч, во вторые сутки - через 1–2 ч, в третьи и последующие – через 3–4 ч. Дозу облучения определяют по формуле:

$$Д = \frac{P_{ср} \cdot T}{K_{осл}},$$

где $Д$ – доза облучения, рад, Гр, Зв;

$P_{ср}$ – средняя мощность дозы излучения в населенном пункте, рад/ч, Гр/ч, Зв/ч ;

T – продолжительность облучения, ч;

$K_{осл}$ – коэффициент ослабления доз облучения, учитывающий размещение населения за время облучения

Химический контроль проводится в целях определения необходимости и полноты дегазации вооружения и другой техники, материальных средств, сооружений и местности, обеззараживания продовольствия и воды, установления возможности действий личного состава без средств защиты, а также для определения факта применения противником неизвестных отравляющих веществ, аварийно химически опасных веществ и ядов.

Оповещение о радиоактивном, химическом и биологическом заражении организуется и осуществляется в целях предупреждения населения, сил РСЧС о радиоактивном, химическом и биологическом заражении для принятия мер по своевременному приведению в боевое положение средств индивидуальной защиты, своевременное использование средств коллективной защиты.

Оповещение о радиоактивном, химическом и биологическом заражении осуществляется штатными и специально подготовленными подразделениями радиационной и химической разведки в местах развертывания ПРХН установленными сигналами оповещения.

Ответственность за решение вопросов оповещения населения несут соответствующие органы исполнительной власти (органы местного самоуправления). Оповещение спасательных воинских формирований (подразделений) осуществляется и организуется начальником штаба, оперативным дежурным по специально установленным каналам связи.

Использование средств индивидуальной и коллективной защиты, защитных свойств местности и других объектов организуется и осуществляется в целях защиты населения, личного состава СВФ от поражающих факторов ядерных взрывов, радиоактивных отравляющих, аварийно химически опасных веществ и биологических средств.

Своевременность использования средств индивидуальной и коллективной защиты и умелое их применение достигается:

постоянным контролем наличия и исправности средств индивидуальной защиты у личного состава и средств коллективной защиты в подразделениях, на пунктах управления, узлах связи, на складах материально-технических средств, используемых при ликвидации ЧС;

заблаговременной подготовкой и тренировкой личного состава СВФ, обучением населения в пользование этими средствами в различной обстановке;

правильным определением рубежей и времени заблаговременного перевода средств индивидуальной защиты в боевое положение;

установлением момента их снятия;

определением режима и условий эксплуатации сооружений, оборудованных средствами коллективной защиты, а также порядка использования техники, оснащенной фильтровентиляционными установками.

Специальная обработка вооружения и техники, участков местности, дорог и сооружений, обезвреживание обмундирования, средств индивидуальной защиты, вещевого имущества, снаряжения и санитарная обработка личного состава СВФ и населения осуществляются с целью ликвидации их заражения радиоактивными, аварийно химически опасными веществами и биологическими средствами и предотвращения поражения населения и личного состава.

Полную специальную обработку населения и формирований МЧС России проводят на станциях обеззараживания транспорта (СОТ), обеззараживания одежды (СОО), санитарно-обмывочных пунктах (СОП), пунктах специальной обработки (ПуСО) по распоряжению старшего начальника, председателя КЧС района (объекта) после выполнения поставленных задач АСДНР либо после выхода из зон заражения (загрязнения).

Специальная обработка организуется ОШ ЛЧС и штабами спасательных воинских формирований и заключается в проведении дегазации, дезактивации и дезинфекции имеющегося в спасательных воинских формированиях вооружения и другой техники, средств защиты и обмундирования, а при необходимости и проведении санитарной обработки личного состава.

Специальная обработка может быть частичной и полной.

Частичная специальная обработка включает частичную санитарную обработку личного состава, частичную дезактивацию, дегазацию и дезинфекцию вооружения и техники. Частичную специальную обработку организует командир подразделения в ходе проведения АСДНР. Она проводится сразу при заражении АХОВ и в течение часа при загрязнении радиоактивными веществами, силами и средствами самих подразделений.

Полная специальная обработка включает полную дезактивацию, дегазацию, дезинфекцию вооружения и техники, обмундирования и средств защиты, а при заражении биологическими средствами и полную санитарную обработку. Проводится по решению вышестоящего командира (начальника) с привлечением подразделений РХБ защиты спасательных воинских формирований, после проведения АСДНР или при выходе из района АСДНР, на границах «грязной» и «чистой» зон.

Обеззараживание участков местности, дорог и сооружений, обмундирования и снаряжения проводится подразделениями РХБ защиты спасательных воинских формирований.

Определение режимов радиационной и химической защиты населения и личного состава спасательных воинских формирований осуществляется с целью создания условий, обеспечивающих исключение переоблучения выше установленных пределов при проведении АСДНР и защитных мероприятий и сохранения работоспособности при длительном нахождении в зонах радиоактивного и химического заражения.

Под режимами радиационной защиты понимается порядок действий населения и спасательных воинских формирований и применения средств и способов защиты в зоне радиоактивного загрязнения для уменьшения возможных доз облучения. Режимами радиационной защиты регламентируются продолжительность и условия работы, передвижения и отдыха в течение суток. Режимы радиационной защиты зависят от мощности доз излучения на местности в районе АСДНР; степени защищенности (т. е. нахождении в здании, транспортном средстве, укрытии, открыто на местности и т. д.); времени, прошедшего после ядерного взрыва или аварии на РОО; значений допустимого предела дозы облучения; периода пребывания на загрязненной местности.

При проведении защитных мероприятий и АСДНР основой режима радиационной защиты является строгая регламентация времени пребывания в зонах радиоактивного загрязнения с высокими мощностями доз излучения, организация посменной работы, непрерывный контроль за полученными дозами облучения, использование средств индивидуальной защиты, защитных свойств техники и сооружений. Выбор режимов определяется для заданных доз облучения, на основе которых определяются время ввода первой смены в очаг поражения, мощность дозы облучения на время ввода, потребное количество смен в течение суток.

В зонах химического заражения защита достигается использованием защитных сооружений, средств индивидуальной защиты, определением режимов функционирования средств коллективной защиты для обеспечения убежищ чистым воздухом, организацией посменной работы рабочих и служащих и спасательных воинских формирований в очагах химического поражения.

Обеспечение радиационной безопасности организуется в целях защиты от поражающего воздействия ионизирующих излучений, а внешней среды от загрязнения при использовании радиоактивных веществ и других источников ионизирующих излучений. Оно осуществляется постоянно как в мирное время, так и в военное время.

Непосредственное руководство обеспечением радиационной безопасности возлагается на начальника службы радиационной, химической и биологической защиты. Решение задач обеспечения радиационной безопасности служба радиационной, химической и биологической защиты организует и осуществляет во взаимодействии с медицинской службой.

Мероприятия по установлению и поддержанию режима радиационной безопасности при работах с источниками ионизирующих излучений включают: планирование и организацию обеспечения радиационной безопасности; зонирование территорий и помещений и допуск личного состава в режимную зону; организацию радиационного контроля; использование специальной одежды и средств индивидуальной защиты; санитарную обработку личного состава; медицинский контроль за условиями труда и наблюдения за состоянием здоровья личного состава.

Предоставление населению средств индивидуальной защиты осуществляется в соответствии с основными задачами в области гражданской обороны и в комплексе мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также для защиты населения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Накопление СИЗ осуществляется заблаговременно в мирное время в запасах материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств и резер-

вах материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – запасы (резервы)) федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления.

Обеспечение спасательного воинского формирования вооружением и средствами радиационной, химической и биологической защиты организуется в соответствии с решением командира (начальника) спасательного воинского формирования. Начальник службы радиационной, химической и биологической защиты организует обеспечение с таким расчетом, чтобы в спасательном воинском формировании запасы были созданы в установленных размерах до начала выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Общая потребность спасательного воинского формирования в вооружении и средствах радиационной, химической и биологической защиты на время ведения работ определяется с учетом предполагаемой их убыли и необходимых запасов к концу выполнения задачи. Она удовлетворяется использованием созданных в спасательном воинском формировании войсковых запасов, подвозом их со складов региональных центров (спасательного воинского формирования), возвращением в строй вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты после ремонта, а также использованием местных ресурсов.

Для пополнения потерь и расхода создаются запасы табельных и расходных средств. Запасы вооружений и средств радиационной, химической и биологической защиты создаются в спасательном воинском формировании заблаговременно в размерах, обеспечивающих выполнение аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Восполнение убыли вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты осуществляется при подготовке и в ходе ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ из расчета списочной численности личного состава и техники к началу планируемого периода.

В первую очередь вооружение и средства радиационной, химической и биологической защиты восполняются тем спасательным воинским формированиям (подразделениям), которые действуют на основных направлениях аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Плановое восполнение убыли спасательному воинскому формированию производится, как правило, один раз в сутки в соответствии с данными учетно-отчетных документов. В случаях, не терпящих отлагательства, организуется внеочередная подача вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты по заявкам, донесениям и прогнозу.

Доукомплектование специального оборудования машин подразделений РХБ защиты, приборов радиационной и химической разведки, комплектов специальной обработки запасными частями, а также пополнения их веществами и растворами для специальной обработки, источниками электрического тока и индикаторными средствами осуществляется в подразделениях за счет средств, получаемых на складах спасательного воинского формирования, а также непосредственно от объектов экономики.

9.4. Медицинское обеспечение[89]

Медицинское обеспечение мероприятий ГО в условиях мирного времени

Наличие на вооружении у вероятного противника высокоэффективных современных средств нападения, способных поражать объекты в глубоком тылу нашей страны, требует от всей системы гражданской обороны и в том числе от медицинских сил ГО здравоохранения (МС ГОЗ) высокой готовности к выполнению задач военного времени.

Перевод на военное время является наиболее ответственным и сложным периодом деятельности медицинских сил ГО здравоохранения.

Для повышения готовности МС ГОЗ к выполнению задач по защите населения от современных средств поражения в мирное время выполняются следующие подготовительные медицинские мероприятия:

прогнозирование возможных медико-санитарных последствий применения противником современных средств поражения и планирование мероприятий медицинского обеспечения населения;

подготовка органов и пунктов управления МС ГОЗ на всех уровнях;

создание формирований МС ГОЗ и поддержание их в высокой готовности;

планирование и организация приспособительных работ в общественных зданиях загородной зоны, предназначенных для развертывания на их базе лечебных учреждений МС ГОЗ;

подготовка учреждений МС ГОЗ к развертыванию и работе в условиях применения противником современных видов оружия;

планирование медицинского обеспечения эвакуируемого и рассредоточиваемого населения;

создание запасов медицинского, санитарно-хозяйственного и специального имущества для оснащения формирований и учреждений МС ГОЗ;

планирование и проведение работ, повышающих устойчивость работы органов и учреждений здравоохранения в военное время;

разработка планов по медицинской защите личного состава ГО и населения в военное время;

подготовка кадров для органов управления, медицинских формирований и учреждений МС ГОЗ;

участие в обучении населения приемам и методам оказания первой помощи в очагах поражения в порядке само- и взаимопомощи.

Для обеспечения организованного приведения в готовность гражданской обороны здравоохранения в условиях мирного времени ведется заблаговременная подготовка органов управления, формирований и организаций здравоохранения к действиям в особый период.

Для этого до исполнителей доводятся задачи, вытекающие из соответствующих планов медицинского обеспечения населения в военное время, устанавливаются объем и сроки проведения запланированных мероприятий, оформляются заявки на все виды обеспечения, наряды, ордера, накладные.

При этом руководящие кадры здравоохранения, входящие в состав органов управления МС ГОЗ, разрабатывают личные планы работы в военное время, проекты

[89] Лобанов А.И., Ткаченко Т.Е. Каф. 12 «Медико-биологической и экологической защиты»

приказов, распоряжений, нормативные документы, справочные материалы, которые помещаются в специальные рабочие папки.

Медицинское обеспечение мероприятий ГО при угрозе нападения противника

Приведение в готовность гражданской обороны здравоохранения обеспечивает устойчивое управление медицинскими силами и средствами ГО при угрозе нападения противника, позволяет снизить потери населения и личного состава формирований ГО от современных средств поражения.

Эти цели достигаются путем своевременного проведения мероприятий по инженерной, противорадиационной, противохимической, медицинской и биологической защите на объектах здравоохранения, а также за счет повышения устойчивости работы организаций здравоохранения в военное время и подготовки медицинских сил и средств к действиям по медицинскому обеспечению населения при нападении противника.

Перевод МС ГОЗ на военное время может осуществляться либо последовательно, либо в зависимости от обстановки, сразу в высшие степени готовности, с обязательным проведением мероприятий, предусмотренных предшествующими степенями готовности.

Для своевременного наращивания сил ГО и подготовки их к выполнению задач в особых случаях решением Президента РФ часть органов управления ГО может приводиться в готовность заблаговременно.

Для сокращения сроков перевода МС ГОЗ на военное время, еще до введения в стране военного положения, предусматривается выполнение мероприятий по ГО первой, второй и третьей очереди, повышающих готовность медицинских сил и средств гражданской обороны. Эти мероприятия должны выполняться скрытно, в ходе учений, тренировок и ремонтных работ.

При планомерном переводе системы гражданской обороны с мирного на военное время, с получением распоряжения о проведении мероприятий по ГО первой очереди, руководитель МС ГОЗ осуществляет оповещение и сбор руководящего состава МС ГОЗ. После чего доводит обстановку, полученную от соответствующего органа управления МЧС России, ставит задачу работникам своего штаба, распределяет руководящий состав службы согласно штату и направлениям деятельности.

Непосредственно в пункте постоянной дислокации органа управления здравоохранением организуется круглосуточное дежурство руководящего состава штаба МС ГОЗ, члены которого приступают к выполнению своих обязанностей согласно штатному расписанию.

Главными специалистами органа управления здравоохранением и членами штаба в соответствии со своими функциональными обязанностями уточняются разделы плана медицинского обеспечения населения в военное время.

При получении распоряжения о проведении первоочередных мероприятий по ГО первой очереди приводятся в готовность защищенные стационары для укрытия нетранспортабельных больных и обслуживающего персонала.

С этой целью главный врач больницы отдает распоряжение ответственному лицу за содержание убежища или начальнику штаба ГОЧС объекта освободить защитные сооружения от хранящегося в них имущества, укомплектовать их источниками аварийного освещения, необходимым инструментом, инвентарем и пожарным оборудованием, проверить защитные сооружения на герметичность и техническое состояние их систем жизнеобеспечения. В этот период осуществляется подготовка к

выдаче средств индивидуальной защиты личному составу формирований из запасов объектов экономики.

Со складов мобилизационного резерва на пункты выдачи организуется вывоз противогазов и приборов радиационной и химической разведки. На запасные загородные пункты управления (ЗЗПУ) федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти областей, краев, республик в составе РФ, автономных образований в целях медицинского обеспечения боевых расчетов ПУ осуществляется закладка медикаментов.

В организациях Роспотребнадзора, входящих в состав сети наблюдения и лабораторного контроля ГО (СНЛК), приводятся в рабочее состояние технические средства и оснащение, предназначенные для обнаружения и индикации радиоактивных, химических и биологических веществ в продуктах питания, пищевом сырье и питьевой воде.

Уточняется укомплектованность формирований и учреждений МС ГОЗ личным составом и дефицитными специалистами, обеспеченность техникой и имуществом. Определяется наличие и исправность автомобильной и другой техники, поступающей на доукомплектование из различных организаций, подготавливается заявка соответствующему руководителю ГО на недостающее количество техники и имущества согласно нормам снабжения.

Важным разделом работы штаба МС ГОЗ субъекта Федерации при выполнении первоочередных мероприятий по ГО первой очереди является уточнение планов-графиков наращивания мероприятий по повышению устойчивости работы здравоохранения в военное время по следующим показателям:

обеспеченность лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ), станций переливания крови (СПК), аптечных учреждений и учреждений Роспотребнадзора автономными источниками электроэнергии;

состояние укомплектованности лечебно-профилактических учреждений хирургического профиля врачами-хирургами, операционными медсестрами, лаборантами;

обеспеченность ЛПУ и формирований МС ГОЗ медицинским, санитарно-хозяйственным и специальным имуществом, консервированной кровью и ее препаратами;

готовность дублеров штабов МС ГОЗ взять на себя управление службой;

состояние связи и управления.

Одновременно на объектах здравоохранения проводятся подготовительные мероприятия к введению режимов светомаскировки и усилению мер противопожарной защиты.

При получении распоряжения о выполнении *первоочередных мероприятий по ГО второй очереди* осуществляется перевод руководящего состава медицинских сил ГО на круглосуточную работу. Руководитель МС ГОЗ дает распоряжение всем подчиненным штабам на организацию посменной круглосуточной работы и контролирует его выполнение. На загородный запасный пункт управления (ЗЗПУ) МС ГОЗ направляется оперативная группа.

Приводится в полную готовность система связи со всеми подчиненными штабами МС ГОЗ. Уточняется план выезда на ЗЗПУ основного состава штаба МС ГОЗ, доводятся до работников штаба их основные обязанности и места сбора по сигналам ГО.

Загородные запасные пункты управления МС ГОЗ создаются заблаговременно. Они оборудуются вне зон возможных разрушений категорированных городов и объектов особой важности, а также вне зон возможного катастрофического затопления.

При выборе мест расположения ЗЗПУ учитывается возможность использования существующих и строящихся линий связи.

В этот период приводятся в готовность в пунктах постоянного размещения медицинские формирования повышенной готовности и санитарно-транспортные формирования. Для решения этой задачи, руководитель МС ГОЗ отдает распоряжение оповестить и собрать в установленных местах личный состав указанных формирований; организовать выдачу и получение личным составом средств индивидуальной защиты, табельного имущества и приборов; доукомплектовать медицинские формирования личным составом, подготовить технику и приборы к работе; проверить готовность и организовать обучение личного состава формирований, не прошедших подготовку по ГО.

Одновременно приводятся в готовность все имеющиеся у медицинской службы защитные сооружения, предназначенные для укрытия личного состава службы и больных. Осуществляется проверка убежищ на герметичность и работоспособность систем, наличие аварийных запасов воды, продовольствия, состояние средств связи и оповещения и осуществляется их подготовка к работе. В убежища городов, отнесенных к категориям по ГО, закладываются коллективные медицинские аптечки, предназначенные для оказания медицинской помощи укрываемым. Номенклатура и количество медикаментов, перевязочных средств, медицинских предметов зависят от количества укрываемых. На 100–150 человек закладывается аптечка коллективная по описи № 1, на 400–600 человек – по описи № 2.

При наличии в звене (группе) по обслуживанию убежища фельдшера комплектуется дополнительно набор фельдшерский, врача – набор врачебный.

Аптечки коллективные и наборы комплектуются медицинскими учреждениями (медпунктами), медико-санитарными частями, амбулаториями (поликлиниками), обслуживающими объекты экономики в период приведения в готовность защитных сооружений за счет имущества текущего снабжения и приобретения недостающих предметов в аптечной сети и магазинах территориально-производственных объединений (ТПО) «Медтехника».

Из запасов объектов рабочим и служащим выдаются средства индивидуальной защиты и медицинские средства индивидуальной защиты.

В этот период производится выписка части больных из лечебных учреждений на амбулаторное лечение. Сокращаются госпитализация больных для планового лечения и сроки стационарного лечения.

Учреждения сети наблюдения и лабораторного контроля (СНЛК) переводятся на круглосуточную работу с ведением постоянного наблюдения за радиационной, химической и бактериологической обстановкой на закрепленной за ними территории. Специалистами СНЛК два раза в сутки снимаются показания на зараженность объектов внешней среды отравляющими и радиоактивными веществами. Мероприятия по индикации бактериальных (биологических) средств проводятся по показаниям.

При угрозе возникновения очагов эпидемических заболеваний в этот период проводится массовая иммунизация населения. Прививочные бригады создаются на базе лечебно-профилактических учреждений. Соответствующие вакцины и сыворотки обеспечиваются за счет учреждений Роспотребнадзора.

В целях обеспечения радиационной безопасности, персоналу АЭС и населению, проживающему в 30-километровой зоне, выдаются препараты стабильного йода. На объектах здравоохранения проводятся неотложные мероприятия по повышению

устойчивости работы объектов здравоохранения – приводятся в готовность автономные источники энергоснабжения, пункты управления объектов, подготавливается аварийное освещение.

Одним из наиболее важных мероприятий, проводимых в этот период, является проведение подготовки к дополнительному развертыванию специализированных больничных коек в загородной зоне. В этих целях руководитель МС ГОЗ субъекта РФ, во взаимодействии с Главным управлением МЧС России по субъекту Федерации, организуют проверку наличия ордеров на приписываемые помещения, предназначенные для развертывания лечебных учреждений МС ГОЗ в загородной зоне.

Осуществляется контроль степени готовности помещений к размещению в них специализированных коек в соответствии с заданием. В этот период в приписанных зданиях проводятся мероприятия по завершению в сжатые сроки приспособительных работ второй очереди. В целях обеспечения своевременного развертывания дополнительных коек в загородной зоне за каждым лечебно-эвакуационным направлением закрепляется необходимое количество формирований гражданской обороны.

Для оснащения дополнительно развертываемых лечебных учреждений подготавливается медицинское имущество, уточняется их обеспеченность санитарно-хозяйственным и специальным имуществом. В этот период осуществляется выдача медицинского имущества лечебным учреждениям загородной зоны со складов мобилизационного резерва. Одновременно приводятся в готовность имеющиеся противорадиационные укрытия (ПРУ), ведется работа по приспособлению подвалов для укрытия медицинского персонала и больных в лечебных учреждениях.

Личному составу формирований МС ГОЗ выдаются приборы радиационной и химической разведки, медицинские средства индивидуальной защиты вывозятся со складов мобилизационного резерва. В это время в убежищах объектов экономики городов, продолжающих производственную деятельность в военное время, развертываются медицинские пункты.

При получении распоряжения о проведении первоочередных мероприятий по ГО третьей очереди приводятся в полную готовность органы управления, формирования и учреждения МС ГОЗ, проводятся мероприятия по защите личного состава МС ГОЗ и больных, находящихся в лечебных учреждениях. С этой целью организуется своевременное оповещение и сбор личного состава органов управления, проводится работа по установлению связи с выше- и нижестоящими штабами МС ГОЗ, организуется взаимодействие с военно-медицинской службой, другими службами и подразделениями, уточняются планы медицинского обеспечения населения.

В этот период осуществляется подготовка к эвакуации медицинских учреждений и к вывозу запасов медицинского имущества из городов, отнесенных к категориям по ГО. Проводится комплекс санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на предупреждение возникновения и распространения массовых инфекционных заболеваний.

Без прекращения работы в медицинских организациях, на базе которых они создаются, приводятся в готовность все формирования медицинских сил ГО здравоохранения. В круглосуточном режиме организуется работа учреждений СНЛК по ведению наблюдения и лабораторного контроля за зараженностью объектов внешней среды, атмосферного воздуха, продовольствия и питьевой воды РВ, ОВ, БС.

Особое внимание должно уделяться проведению мероприятий по защите личного состава формирований МС ГОЗ, медицинского персонала и больных, находя-

щихся в лечебных учреждениях от средств поражения вероятного противника путем укрытия их в защитных сооружениях. Укрытие названных контингентов осуществляется следующим образом: в категорированных городах – в защитных сооружениях и быстровозводимых убежищах, в загородной зоне – в противорадиационных укрытиях и приспособленных подвалах.

Приводятся в готовность и передаются в оперативное подчинение соответствующим руководителям МС ГОЗ санитарно-транспортные формирования ГО – автосанитарные отряды и эвакосанитарные летучки.

Нетранспортабельные больные в категорированных городах укрываются в защищенных стационарах, развертываемых в убежищах, строительство которых предусматривается из расчета 10% коечной емкости учреждения мирного времени. Осуществляется подготовка лечебных учреждений категорированных городов к эвакуации в загородную зону.

В этот период необходимо: провести подготовку к выписке части больных на амбулаторное лечение; определить группы нетранспортабельных больных и больных, подлежащих эвакуации; наметить очередность вывоза имущества, с учетом его необходимости при оказании медицинской помощи; выслать оперативные группы к местам развертывания лечебных учреждений МС ГОЗ в загородной зоне с целью приема приписанных помещений и организации приспособительных работ; уточнить количество необходимых для эвакуации ЛПУ транспортных средств.

С учетом возможности внезапного нападения противника, важным мероприятием в этот период является развертывание в загородной зоне дополнительных специализированных коек МС ГОЗ на базе лечебных учреждений сельской местности и некатегорированных городов.

Проведение комплекса санитарно-противоэпидемических мероприятий направлено на сохранение здоровья населения и личного состава формирований и учреждений ГО, а также на профилактику возникновения и распространения массовых инфекционных заболеваний.

При получении соответствующих распоряжений руководитель МС ГОЗ организует медицинское обеспечение населения в ходе проведения частичной эвакуации и вывод медицинских формирований повышенной готовности в загородную зону.

Организация медицинского обеспечения эвакуационных мероприятий

В условиях неполной обеспеченности защитными сооружениями и средствами индивидуальной защиты рабочих, служащих и населения городов, отнесенных к группам по гражданской обороне, их эвакуация в загородную зону является основным способом защиты от современных средств поражения.

Непосредственное осуществление мероприятий по организации, подготовке и проведению эвакомероприятий возложено на эвакуационные органы, которые работают во взаимодействии с соответствующими органами МЧС России. В состав эвакуационных и эвакоприемных комиссий обязательно включается представитель здравоохранения, который должен осуществлять взаимодействие с другими органами и учреждениями ГО по вопросам эвакуации учреждений здравоохранения, а также проведения медицинского обеспечения эвакуируемого населения.

В военное время эвакуация населения, как правило, сопровождается его массовым перемещением из крупных городов в загородную зону, что может привести к получению травм и обострению хронических болезней среди эвакуируемых, ухудше-

нию санитарно-эпидемиологической обстановки на территории области, возникновению вспышек инфекционных заболеваний.

Эвакуация населения в мирное и военное время может быть полной или частичной, заблаговременной или экстренной. Следует подчеркнуть, что заблаговременная эвакуация, которая проводится при вероятности возникновения ЧС или при угрозе нападения противника, более эффективна и безопасна для сохранения жизни и здоровья граждан, чем экстренная эвакуация, которая проводится в условиях воздействия поражающих факторов ЧС или под огнем и бомбами противника. Опыт свидетельствует, что экстренная эвакуация во время Великой Отечественной войны (1941–1945), во время военных конфликтов в Югославии (1999) и на Украине (2014), сопровождалась многочисленными жертвами среди гражданского населения, включая детей и беременных женщин.

Поэтому в этот период на МС ГОЗ возлагаются весьма ответственные задачи по всестороннему медицинскому обеспечению эвакуационных мероприятий.

Медицинское обеспечение населения в ходе эвакуации из категорированных городов организуется по территориально-производственному принципу и осуществляется соответствующими руководителями органов управления здравоохранением административно-территориальных образований РФ. Оно включает проведение органами здравоохранения организационных, лечебных, санитарно-противоэпидемических мероприятий, направленных на охрану здоровья эвакуируемого населения, своевременное оказание медицинской помощи заболевшим или получившим травмы и поражения в ходе эвакуации, а также предупреждение возникновения и распространения массовых инфекционных заболеваний среди населения.

При проведении эвакомероприятий перед МС ГОЗ стоят следующие задачи:

организация медицинского обеспечения населения на всех этапах эвакуации и в местах расселения;

эвакуация медицинских учреждений из категорированных городов;

вывод медицинских формирований ГО в загородную зону;

организация укрытия и лечения нетранспортабельных больных;

развертывание коечной сети в загородной зоне за счет эвакуированных больниц;

организация медицинского обеспечения рабочих и служащих объектов, продолжающих работу в военное время;

защита медицинского персонала и больных от поражающих факторов оружия массового поражения и обычных средств ведения войны.

Успешное выполнение задач по медицинскому обеспечению эвакуации населения достигается заблаговременным четким планированием. Для планирования медицинского обеспечения эвакуационных мероприятий необходимы исходные данные, которые должны содержать следующие сведения:

численность эвакуируемого населения (в том числе детских учреждений и детей) в целом по городу и отдельно по его районам;

места расположения, количество и суточная пропускная способность сборных эвакопунктов;

маршруты и способы эвакуации населения;

места расположения пунктов посадки и количество эвакуируемого населения в каждой автоколонне (железнодорожном составе);

дислокация промежуточных пунктов эвакуации и пунктов высадки;

районы расселения и численность населения, подлежащего эвакуации.

На основании полученных исходных данных определяется потребность в медицинском персонале, медицинских средствах и санитарном транспорте для обслуживания населения на этапах и путях эвакуации.

Медицинское обеспечение на сборных эвакопунктах, пунктах посадки организует руководитель МС ГОЗ категорированного города (городского района); на путях следования, на промежуточных пунктах эвакуации, эвакоприемных пунктах, пунктах высадки и местах расселения – руководитель МС ГОЗ соответствующего сельского района (некатегорированного города). На сборных эвакопунктах и пунктах посадки в специально выделенных по плану помещениях развертываются медицинские пункты, организующие свою работу круглосуточно до окончания эвакуации.

На пунктах посадки, организуемых на железнодорожных станциях, в морских и речных портах и крупных аэропортах, медицинские пункты обеспечиваются силами и средствами ведомственных медицинских служб.

Для работы в медицинских пунктах СЭП, ПП выделяется медицинский персонал из расчета: 2 средних медицинских работника, 1 санитарка (сандружинница), 1 дезинфектор в смену. В отдельных случаях предусматривается выделение врача. Для перевозки пораженных и больных в медпункте имеется 1 санитарный автомобиль. Нуждающиеся в стационарном лечении больные и пораженные из медпунктов СЭП и ПП эвакуируются в ближайшие лечебные учреждения загородной зоны.

Нетранспортабельных больных госпитализируют в защищенные стационары, развернутые в убежищах ЛПУ категорированных городов. Их эвакуация осуществляется машинами станций скорой помощи или специально выделенным на медпункт СЭП и ПП транспортом. Бригады службы скорой медицинской помощи работают в городе до конца эвакуации и выводятся в загородную зону последними, оставляя часть сил в городе.

Для медицинского обеспечения населения, эвакуируемого на большие расстояния автомобильными колоннами, железнодорожными эшелонами, морскими и речными судами, в состав колонны, эшелонов, судов включают двух средних медработников (из числа подлежащих эвакуации) или двух сандружинниц с необходимым медицинским имуществом. При пешей эвакуации в каждую колонну численностью 500 человек выделяется одна сандружинница.

Если на маршрутах эвакуации колонн отсутствуют медицинские учреждения, то в этом случае в местах больших привалов и при ППЭ развертываются временные медицинские пункты (ВМП) за счет местных лечебных учреждений. Состав медпункта: 1–2 врача, 2–3 средних медицинских работника, 1–2 санитарки (сандружинницы). В некоторых случаях вместо медицинских пунктов на каждый маршрут выделяется подвижная медицинская бригада на автомобиле, в состав которой входят: 1 врач (фельдшер) и 1–2 медсестры. Бригада оснащается специальной укладкой медицинского имущества для оказания неотложной помощи.

В пунктах высадки первая и первичная медико-санитарная доврачебная и врачебная помощь прибывшему населению обеспечивается по неотложным показаниям. В этих целях здесь развертываются медицинские пункты с медицинским персоналом, выделенным штабом МС ГОЗ сельского района. Медицинское обслуживание эвакуируемого населения в местах расселения осуществляется лечебно-профилактическими учреждениями сельской местности по участково-территориальному принципу.

Перемещение больших масс населения при проведении эвакуации в загородную зону неизбежно связано с ухудшением санитарно-гигиенических условий жизни,

ростом эпидемической напряженности и угрозой возникновения массовых инфекционных заболеваний.

Поэтому организация санитарно-противоэпидемического обеспечения эвакуируемого населения должна осуществляться на всех этапах эвакуации и в местах расселения.

Эта задача возлагается на санитарно-эпидемиологические учреждения Роспотребнадзора и формирования ГО, создаваемые на их базе (ГСЭР, СПЭО).

Организация медико-санитарного обеспечения населения после нападения противника

После начала военных действий и возникновения очагов поражения содержание и объем медицинских мероприятий ГО в основном определяются масштабом и интенсивностью военного конфликта, характером сложившейся оперативной и медицинской обстановки и задачами, возложенными на гражданскую оборону.

Важнейшими исходными данными для определения потребности в силах и средствах, необходимых для медицинского обеспечения АСДНР в очаге поражения, являются:

вид и способы применения противником современных средств поражения;

величина и структура санитарных потерь среди населения;

предельно допустимые сроки оказания медицинской помощи по ее видам и объему;

наличие, возможности и степень готовности медицинских сил ГО здравоохранения на территории субъекта РФ.

Расчет численности и состава медицинских формирований и учреждений ГО, необходимых для медицинского обеспечения АСДНР в очаге поражения, осуществляется исходя из принципа эшелонирования системы лечебно-эвакуационного обеспечения пораженных. В условиях нападения противника решение на организацию медицинского обеспечения принимается вначале на основе результатов оперативного прогнозирования медико-тактической обстановки, которые затем уточняются по данным разведки.

Так как военная доктрина РФ предусматривает в обозримом периоде возможность возникновения на территории России локальных, региональных и крупномасштабных войн, то создание группировки сил ГО и ее медицинского обеспечения может носить многовариантный характер с учетом реального сценария возникновения и развития военного конфликта.

Опыт свидетельствует, что в ходе *локальных войн и вооруженных конфликтов,* которые происходят, как правило, в правовом поле мирного времени, для ведения АСДНР и первоочередного обеспечения населения, пострадавшего от военных действий или вследствие этих действий, целесообразно создавать временные группировки медицинских сил РСЧС под эгидой МЧС России. Анализ организации медицинского обеспечения населения в ходе двух военных кампаний в Чеченской Республике показал, что при этом медицинское обеспечение может эффективно осуществляться мобильными формированиями Всероссийской службы медицины катастроф (ВСМК) и медицинскими подразделениями МЧС России.

Специализированная помощь больным и раненым гражданам, пострадавшим в зоне вооруженного конфликта, их стационарное лечение и реабилитация, должны осуществляться с использованием возможностей крупных лечебных учреждениях соседних субъектов РФ, которые выделяют для этой категории пострадавших больнич-

ные койки в соответствии с квотой, определяемой Минздрава РФ.

В условиях *региональной войны* особенности создания группировки медицинских сил будут определяться в основном правовым режимом (будет ли введено военное положение и проводиться мобилизация), а также видом и масштабом современных средств поражения, примененных противником.

В условиях *крупномасштабной войны* при планомерном ведении мероприятий ГО и ведении АСДНР в очагах массового поражения группировка медицинских сил ГО, как правило, формируется из двух эшелонов и резерва.

В первый эшелон группировки сил ГО включаются наиболее мобильные, способные к работе в автономном режиме медицинские формирования (мобильные медицинские отряды). В качестве сил постоянной готовности, способных оперативно реагировать на применение противником современных средств поражения, в первый эшелон целесообразно включать также формирования ВСМК, включающие медицинских работников, имеющие бронь от призыва в ВС.

Во второй эшелон, предназначенный для наращивания усилий и расширения фронта спасательных работ в очаге поражения, медицинские формирования включаются с задачами приближения медицинской помощи к очагу и расширения ее объема, замены подразделений и формирований, ведущих спасательные работы в очаге, обеспечения медицинским имуществом восстанавливаемых больниц. В состав второго эшелона целесообразно включать медицинские формирования с более поздними сроками приведения в высшие степени готовности.

Резерв группировки сил ГО предназначен для решения внезапно возникающих задач. В него включают часть мобильных медицинских отрядов, бригад специализированной медицинской помощи и других медицинских формирований ГО, прибывающих из более удаленных районов.

При внезапном нападении противника создание группировки сил ГО имеет свои особенности. Они заключаются в возможном выходе из строя значительной части кадровых и материальных ресурсов медицинских сил ГОЗ, находящихся в категорированных городах в момент нанесения ракетно-бомбовых ударов противника. Соответственно уменьшатся возможности субъекта РФ по оказанию медицинской помощи пораженным. Группировка сил ГОЗ будет состоять только из одного эшелона и резерва. В этом случае основу ее составят медицинские формирования ГО, находящиеся в загородной зоне субъекта РФ и сохранившиеся силы и средства гражданского здравоохранения городов, отнесенных к категориям по гражданской обороне.

Поэтому планомерное ведение ГО является оптимальным вариантом, так как позволяет провести комплекс подготовительных мероприятий по переводу МС ГОЗ на военное положение, что обеспечит защиту и сохранность кадровых и материальных ресурсов здравоохранения в условиях воздействия средств поражения противника.

После нападения противника штаб МС ГОЗ принимает меры по восстановлению управления медицинскими силами, запрашивает от органа управления МЧС России, данные об инженерной, радиационной, химической и биологической обстановке, ориентировочной величине санитарных потерь и оценивает полученные данные в интересах организации медицинского обеспечения.

Затем, на основе оценки медицинской обстановки, определяются: объем работ, направления главных усилий МС ГОЗ по ликвидации медико-санитарных последствий нападения противника, необходимое количество сил и средств для оказания всех видов медицинской помощи пораженному населению, районы развертывания

первого этапа медицинской эвакуации, вероятные маршруты эвакуации пораженных в лечебные учреждения загородной зоны, а также наиболее рациональное использование сил и средств МС ГОЗ.

В этот период, в условиях резкого дефицита кадровых и материальных ресурсов здравоохранения, штаб МС ГОЗ осуществляет маневр медицинскими силами и средствами, направленный на выполнение задач по медицинскому обеспечению пораженных.

В случае выхода из строя основного штаба МС ГОЗ субъекта РФ функции управления принимает штаб-дублер, которым, как правило, назначается штаб МС ГОЗ одного из сельских районов.

Лечебно-эвакуационное обеспечение в очагах поражения

В основу системы лечебно-эвакуационного обеспечения (ЛЭО) населения в военное время положен принцип этапного лечения с эвакуацией по назначению. В условиях крупномасштабной войны планируется двухэтапная система лечебно-эвакуационного обеспечения пораженных.

Для реализации этой системы, при введении в действие планов ГО, проведении мобилизационных мероприятий и переводе экономического комплекса страны на военное положение, предусматривается приведение в готовность формирований и учреждений МС ГОЗ с развертыванием этапов медицинской эвакуации пострадавших из очагов поражения в лечебные учреждения загородной зоны.

Первым этапом эвакуации пораженных из очагов массовых санитарных потерь являются мобильные медицинские отряды МС ГОЗ, а также сохранившиеся в очаге поражения медицинские учреждения. ММО вводится в очаг поражения в составе группировки сил ГО и развертывает первый этап медицинской эвакуации в зоне слабых разрушений, на незараженной территории с учетом близости к путям вывоза пораженных из очага, наличия источников воды и пригодных для размещения отряда уцелевших зданий.

На первом этапе пораженным оказывается первичная медико-санитарная врачебная помощь и осуществляется их подготовка к медицинской эвакуации в лечебные учреждения загородной зоны.

Эвакуация пораженных осуществляется силами санитарно-транспортных формирований ГО.

Вторым этапом медицинской эвакуации служат лечебные учреждения (профилированные и многопрофильные больницы), развернутые в составе лечебно-эвакуационных направлений в загородной зоне. На этом этапе осуществляется прием, медицинская сортировка и оказание специализированной медицинской помощи пораженным и их лечение до окончательного исхода.

Общее руководство и координацию работы больниц лечебно-эвакуационных направлений и маневр силами и средствами МС ГОЗ в границах субъекта РФ с целью повышения эффективности оказания медицинской помощи осуществляет штаб МС ГОЗ области (края, республики в составе РФ) через свои оперативные группы.

В целях наиболее рационального распределения пораженных между лечебными учреждениями, на путях медицинской эвакуации пораженных автомобильным транспортом могут развертываться медицинские распределительные пункты (МРП) и вспомогательные распределительные посты (ВРП).

В условиях *локальной* войны, для которой одномоментное возникновение массовых санитарных потерь населения не характерно, возможен вариант развертывания дополнительных больничных коек в месте постоянной дислокации лечебного учреждения.

Вместе с тем, принятая в МС ГОЗ двухэтапная система лечебно-эвакуационного обеспечения населения сохраняет свою актуальность как базовая при любых сценариях развязывания и ведения войны вероятным противником, а принцип эшелонирования системы оказания медицинской помощи сохраняет свое значение и для условий крупномасштабной войны и для вооруженных конфликтов ограниченного масштаба.

Медицинская эвакуация пострадавших из очагов поражения в военное время осуществляется в основном по принципу «на себя». Для этой цели в системе ГО используется санитарный транспорт лечебных учреждений, транспорт санитарно-транспортных формирований ГО, а также другие транспортные средства, выделенные соответствующими руководителями ГО.

В системе гражданской обороны различают два вида медицинской эвакуации: по направлению и по назначению. Эвакуация *по направлению* начинается в общем потоке с места оказания первой помощи и заканчивается в многопрофильной больнице МС ГОЗ, откуда пораженных направляют *по назначению* в профилированные больницы загородной зоны в соответствии с видом поражения.

При медицинской эвакуации пораженных железнодорожным, водным или воздушным транспортом соответственно на вокзалах, в портах и на аэродромах развертываются эвакуационные приемники, предназначенные для временного размещения пораженных до прибытия транспортных средств.

9.5. Противопожарное обеспечение[90]

Противопожарное обеспечение АСДНР – это действия сил ППС ГО, направленные на локализацию, снижение интенсивности горения и тушение массовых пожаров, развитие которых препятствует созданию необходимых условий для осуществления спасательных работ.

Противопожарное обеспечение организуется с целью своевременной локализации и тушения пожаров на маршрутах выдвижения сил гражданской обороны и на объектах спасательных работ, а также для защиты предприятий и материальных ценностей от уничтожения огнем.

Противопожарное обеспечение включает:

пожарную разведку в очаге поражения, на маршруте выдвижения сил ГО и на объектах ведения АСДНР;

локализацию и тушение пожаров с целью нейтрализации их опасных факторов на маршрутах ввода сил ГО, маршрутах эвакуации населения из опасных зон, а также на объектах ведения АСДНР.

Действия сил ППС ГО с целью нейтрализации воздействия опасных факторов массовых пожаров направлены на:

Уменьшение степени загазованности и задымления на участках ведения спасательных работ;

снижение интенсивности теплоизлучения и температуры воздуха;

[90] Федотов С.Б. Каф. 24 «Пожарной безопасности»

предупреждение развития пожара в результате теплопередачи, разлета искр и головней;

предотвращение технологических взрывов;

исключение растекания ЛВЖ и ГЖ.

Противопожарное обеспечение проводится силами подразделений противопожарной службы, подразделениями войск и формированиями ГО.

Противопожарное обеспечение предполагает использование всех технических средств пожаротушения ППС ГО, предусмотренных нормами табелизации, и приспособленной для целей пожаротушения техники народного хозяйства. Для вспомогательных работ целесообразно привлекать в соответствии с планами взаимодействия трубопроводную, инженерную и другую специальную технику пожарных подразделений войск и формирований ГО.

Объем работ по противопожарному обеспечению АСДНР зависит от складывающейся пожарной, инженерной и радиационной обстановки, а также времени, прошедшего от момента возникновения пожаров да начала их тушения. Сроки выполнения работ определяются метеорологическими условиями и количеством привлекаемых для тушения сил и средств ГО.

Противопожарное обеспечение АСДНР осуществляется в два этапа. Первый предусматривает подготовку сил, средств и органов управления к выполнению возложенных на ППС ГО задач; второй – ведение боевой работы в очагах поражения.

Успешное выполнение противопожарного обеспечения АСДНР возможно при хорошо организованной системе управления.

Непосредственное руководство локализацией и тушением пожаров на маршрутах ввода сил ГО, объектах ведения АСДНР возлагается на руководителя тушения пожара (РТП), который назначается из числа наиболее подготовленных лиц начальствующего состава ППС ГО и командиров невоенизированных противопожарных формирований.

Противопожарное обеспечение маршрута ввода проводится в соответствии с решением, принятым РТП. При подготовке решения по данным разведки уточняется карточка противопожарного обеспечения маршрута. На нее наносится реальная пожарная, инженерная, радиационная и химическая обстановка.

Уточняется время продвижения по маршруту к объектам ведения спасательных работ. Время продвижения по маршруту определяется предельным временем пребывания людей в защитных сооружениях на объектах АСДНР.

Время преодоления маршрута и обстановка на маршруте является основой для уточнения необходимого количества сил и средств службы.

Противопожарное обеспечение продвижения сил ГО предполагает защиту личного состава и техники от воздействия массовых пожаров на маршруте. Наиболее опасным из них является теплоизлучение от горящих зданий и сооружений городской застройки.

Для зон слабых и средних разрушений городской застройки со зданиями I-III степени огнестойкости снижение интенсивности теплоизлучения достигается путем тушения пожаров через окна в помещениях первых двух этажей или создания водяных экранов.

На участках маршрута ввода с преимущественной застройкой зданиями IV-V степени огнестойкости снижение интенсивности теплоизлучения достигается путем подачи воды по фасадам горящих зданий, а также внутрь помещений через окна. По-

дача воды осуществляется в течение времени, за которое силы ГО проходят по данному участку застройки.

Прохождение участков ввода через застройку, получившие сильные и полные разрушения, обеспечивается ООД. При этом учитывается, что одно пожарное отделение в состоянии обеспечить работу инженерных формирований по проделыванию проходов в горящих завалах площадью до 1000 $м^2$.

В зависимости от обстановки на маршруте ввода для локализации и тушения пожаров могут быть выбраны следующие схемы практических действий: параллельна, последовательная и параллельно-последовательная.

При незначительной протяженности участков маршрута ввода (до 200 м), а также для тушения отдельных очагов пожара целесообразно подавать воду из стационарных лафетных стволов автоцистерн без развертывания рукавных линий либо от ручных стволов без установки пожарных машин на водоисточники.

Противопожарное обеспечение будет проводиться непрерывно днем и ночью, в любую погоду, в условиях разрушений, заражения, задымления атмосферы и местности, высокой скорости распространения пожаров и больших объемов работ по их локализации и ликвидации, недостатка воды, других огнегасительных веществ, а также пожарной техники и личного состава.

В целях достижения наибольшего успеха в спасении людей и материальных ценностей противопожарное обеспечение должно организовываться и проводиться в ограниченные сроки. Это потребует от личного состава противопожарной службы высокой морально-психологической стойкости, большой воли, мужества, выдержки, самообладания, физической выносливости и мобилизации всех своих сил на выполнение задач по локализации и ликвидации пожаров в установленные сроки.

Важную роль в действиях службы по противопожарному обеспечению маршрутов ввода сил ГО играет правильный выбор направления для создания перехода на участке сплошного пожара. В этом случае необходимо учитывать ширину улиц, наличие вблизи них водоисточников, наличие сплошных завалов, глубину участка сплошного пожара, направление ветра.

При ширине маршрутов ввода сил ГО 60 метров и более продвижение сил гражданской обороны к участкам (объектам) спасательных работ должно проводиться без привлечения пожарных подразделений. При ширине маршрутов ввода от 30 до 60 м противопожарное обеспечение сил ГО при их продвижении к участкам (объектам) спасательных работ достигается:

снижением интенсивности теплового излучения от горящих зданий с помощью водяных струй, разрушения одно-двухэтажных сгораемых зданий бульдозерами, экскаваторами и автокранами;

подрывом горящих зданий и сооружений;

заблаговременным созданием противопожарных полос в городской застройке;

выборам естественных преград (рек, прудов, железнодорожных полос отчуждения, широких улиц, парков, скверов и т.д.);

путем патрулирования маршрутов ввода пожарными подразделениям с целью тушения вновь возникающих очагов пожаров от вторичных причин;

интенсивным воздействием огнетушащими веществами на отдельные участки (объекты), если нет возможности обойти это место.

Выбор маршрута ввода шириной менее 30 м, как правило, не допускается.

Время, необходимое для выполнения работ по противопожарному обеспечению маршрутов ввода сил ГО через участки сплошных пожаров, должно быть минимальным для того, чтобы как можно быстрее начать ведение спасательных работ.

В том случае, если принимаемые меры по тушению пожаров на маршрутах ввода не обеспечивают необходимую безопасность, то целесообразно организовать защиту людей и техники от воздействия тепловой радиации. Защита может быть осуществлена орошением людей и техники водяными струями или созданием водяных завес в местах интенсивного горения.

Важнейшим видом обеспечения действий сил противопожарной службы является пожарная разведка. Она ведется в целях сбора информации о пожарной обстановке, сложившейся в районе (на участке) работ для принятия решения по организации боевых действий.

Локализация и тушение пожаров в местах проведения аварийно- спасательных работ проводятся с целью создания необходимых условий для наращивания темпов спасательных работ.

Тушение пожаров на участках (объектах) спасательных работ производится с целью создания необходимых условий для успешного розыска и извлечения людей из убежищ, из под завалов из горящих и задымленных зданий и сооружений. В первую очередь тушение пожаров производится на путях эвакуации людей из убежищ, в смежных помещениях и в помещениях, расположенных над убежищами, а также в местах расположения воздухозаборных устройств. При задымлении эвакуационных путей и убежищ для их проветривания необходимо использовать переносные дымососы, При невозможности быстрого проникновения к очагу пожара через имеющиеся проемы проделать отверстия в стенах и перекрытиях.

После ликвидации пожаров пожарные отделения оказывают помощь спасательным командам в извлечении людей из убежищ и из-под завалов.

Спасание людей из горящих и задымленных зданий осуществляется пожарными подразделениями совместно со спасательными командами.

В первую очередь для спасания людей используют сохранившиеся лестничные клетки и наружные пожарные лестницы, а также принимаются немедленные меры по тушению пожаров на путях эвакуации. Пострадавших выводят или выносят через балконы или проемы, проделываемые в смежные помещения с сохранившимися эвакуационными выходами, а также через оконные проемы и балконы с помощью приставных и выдвижных лестниц, автомеханических лестниц и коленчатых автоподъемников, спасательных веревок.

При проведении спасательных работ руководитель тушения пожаров обязан принять меры, исключающие возникновение паники среди ожидающих спасения. Во всех случаях в первую очередь спасаются дети и женщины.

Локализация сплошного пожара, а также отдельных пожаров в зонах среднего и слабого разрушений, угрожающих мало пострадавшим от воздействия ударной волной объектам народного хозяйства и жилой застройке, может проходить в условиях низких температур окружающей среды, сильного задымления территории, сильного приземного ветра, недостатка воды и других огнетушащих веществ, а также плохой видимости.

Первоочередными объектами тушения пожаров в очаге массового поражения являются объекты оборонной, нефтяной, нефтеперерабатывающей, химической, газовой промышленности, военное объекта, базисные склады продовольствия, топлива и

сырья, железнодорожные станции, электростанции, аэропорты, морские и речное порты, объекты связи. В первую очередь тушение пожаров необходимо начинать на тех объектах, которое получили слабые и средние разрушения.

Тушение пожаров в жилых и общественных зданиях в основном ведется силами формирований ГО общего назначения и населения.

9.6. Транспортное обеспечение[91]

Транспортное обеспечение – это комплекс мероприятий, охватывающих подготовку, распределение и эксплуатацию всех видов транспортных средств для перевозок гражданской обороны.

Транспортное обеспечение заключается: в выполнении перевозок рассредоточиваемых рабочих, служащих и эвакуируемого доставке материалов для строительства защитных сооружений и эвакуации из категорированных городов материальных ценностей; подвозе сил и средств ГО для проведения АСДНР и эвакуации пораженных в загородную зону.

Транспортное обеспечение мероприятий и действий сил ГО субъекта РФ организуется главным управлением по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий, транспортными службами (автомобильного, водного транспорта) ГО субъекта РФ и управлением (отделом) железной дороги, расположенными на территории субъекта на основе решения начальника ГО субъекта РФ.

Транспортное обеспечение мероприятий и действий сил ГО субъекта РФ осуществляется в тесном взаимодействии с военными органами по вопросам: совместного использования железнодорожного, водного и воздушного транспорта; по совместному использованию автомобильных дорог для передвижения войск, воинских перевозок в интересах ГО; по вопросам определения автомобильного транспорта, остающегося в организациях после отмобилизования в Вооруженные Силы.

Основные мероприятия по транспортному обеспечению предусматриваются в плане ГО субъекта РФ, а более полно – в планах транспортных служб ГО.

В первом разделе плана транспортного обеспечения излагается решение руководителя ГО субъекта РФ на использование транспорта для выполнения задач ГО, во втором разделе задачи на транспортного обеспечения, маршруты перевозок и их характеристика, объем перевозок по каждому маршруту, пункты посадки (погрузки) и высадки (выгрузки), пункты управления, расчеты возможностей и распределения средств железнодорожного, автомобильного и водного транспорта.

Планирование перевозок ГО производится в такой последовательности.

ГУ МЧС по субъекту РФ исходя из объема перевозок, районов посадки (высадки), погрузки (выгрузки) и возможностей отдельных видов транспорта, выдает заявки транспортным органам (службам автомобильного и водного транспорта, отделению железной дороги) на проработку предварительных задач по выполнению перевозок ГО. При этом указываются ориентировочные сроки проведения перевозок, потребность в транспорте, объемы перевозок по направлениям, пункты посадки (высадки), погрузки (выгрузки).

Транспортные органы производят набор оптимальных маршрутов перевозок, намечают и согласовывают возможные пункты посадки (погрузки) и высадки (выгруз-

[91] Аграновский А.А. Каф. 34 «Эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов»

ки), определяют максимальные возможности по каждому транспортному органу и готовят ГУ МЧС по субъекту РФ предложения по возможным максимальным объемам перевозок, направлениям и срокам их выполнения (для каждого вида транспорта).

ГУ МЧС по субъекту РФ, изучив предложения транспортных органов и сопоставив весь объем перевозок и возможности отдельных видов транспорта, окончательно устанавливает маршруты перевозок, пункты посадки (высадки), населения, погрузки (выгрузки) материальных средств и формирований ГО, средства эвакуации для каждого объекта, очередность, объем и сроки перевозок и выдает конкретное задание транспортным органам.

С получением от ГУ МЧС по субъекту РФ конкретных заданий транспортные органы разрабатывают подробные планы перевозок, графики движения и мероприятия по взаимодействию, выписки из которых представляют в ГУ МЧС по субъекту РФ. С учетом полученных выписок ГУ МЧС производит заключительный этап планирования – составляет развернутый план перевозок ГО в пределах субъекта.

Для обеспечения перевозок ГО используются все виды транспорта общего пользования, ведомственный транспорт, а также транспорт личного пользования.

Для выполнения перевозок эвакуируемого населения планируется использование пассажирских транспортных средств (вагонов, автобусов, судов), а при их недостатке – грузового подвижного состава, а также транспортных средств, находящихся в личном пользовании граждан (автомобилей, катеров, моторных лодок). Объем перевозок населения каждым видом транспорта устанавливает ГУ МЧС по субъекту РФ.

С целью обеспечения управления перевозками автотранспортные службы создают диспетчерские пункты, которые, как правило, совмещаются с контрольно-пропускными пунктами службы охраны общественного порядка. В местах посадки на автотранспорт создаются диспетчерские посты.

Для каждого маршрута разрабатываются графики движения автомобильных колонн. Выписки из плана и графиков перевозок транспортные службы направляют владельцам транспортных средств, которые организуют подготовку подвижного состава, назначают начальников поездов, автоколонн, судов, оформляют необходимые документы.

Транспортные органы при разработке плана эвакуационных перевозок населения рассчитывают суточные возможности всех видов транспорта, предназначенного для рассредоточения и эвакуации населения, с учетом среднесуточного наличия подвижного состава на территории субъекта РФ, оборота поездов, судов, автомобилей и их вместимости на основании норм, рекомендуемых министерствами и ведомствами для каждого вида подвижного состава.

Приписка автомобильного транспорта к нештатным аварийно-спасательным формированиям согласно нормам оснащения (табелизации) производится в мирное время из числа автомобилей, не приписанных к Вооруженным Силам по мобилизации, за счет наличия их в тех предприятиях, организациях, учреждениях, на базе которых эти формирования создаются. При недостатке автомобилей в этих организациях к формированиям приписываются по решению начальника ГУ МЧС по субъекту РФ автотранспорт других организаций.

9.7. Материальное обеспечение[92]

Материальное обеспечение – это комплекс мероприятий по организации и осуществлению снабжения сил ликвидации ЧС всеми видами материальных и технических средств для выполнения поставленных задач.

Материальное обеспечение организуется и осуществляется в целях бесперебойного снабжения органов управления и сил гражданской обороны всем необходимым для выполнения предстоящих задач, включая средства связи и строительные материалы, технику, приборы радиационной и химической разведки, медицинское оборудование, средства защиты и т.п.

Для решения задач материального обеспечения используются существующая сеть организаций, учреждений и предприятий материально-технического обеспечения, общественного питания, торговли и т.д., а также создаваемые на их базе подвижные пункты материально-технического снабжения, включая:

подвижные пункты питания, обеспечивающие горячим питанием личный состав аварийно-спасательных формирований в период проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ, а также пораженного населения, получающего помощь в отрядах первой медицинской помощи;

подвижные пункты продовольственного снабжения, обеспечивающие личный состав формирований, пораженных и пострадавших сухим пайком в ходе проведения спасательных работ;

подвижные пункты вещевого снабжения – для обеспечения обменной одеждой, бельем, обувью и мылом СОП для пострадавшего населения и личного состава формирований;

подвижные автозаправочные станции – для снабжения автотранспорта и другой техники горючим и смазочными материалами;

звенья подвоза воды – для снабжения личного состава формирований и пострадавшего населения.

Источниками снабжения материальными средствами являются склады и базы, имеющиеся в распоряжении органов государственной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности.

Создание запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств и их финансирование

Роль и значение материального обеспечения в системе ГО определяется прежде всего тем, что выполнение всех основных мероприятий по защите населения и экономики в ЧС связано с использованием огромного количества разнообразных материальных и технических средств.

Такие мероприятия, как накопление фонда защитных сооружений, эвакуация населения, подготовка и оснащение НАСФ, проведение АСДНР могут быть выполнены в случае их всестороннего материально-технического обеспечения.

В Федеральном законе от 12 февраля 1998 года № 28-ФЗ « О гражданской обороне», в статьях 7, 8 и 9 в Полномочиях федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, местного самоуправления и орга-

[92] Рожков С.Н. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

низаций определено, что они создают и содержат в целях гражданской обороны запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2000 года N 379, которым утверждено «Положение о накоплении, хранении и использовании в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств», разработаны Методические рекомендации по определению номенклатуры, объемов и сроков создания в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, накапливаемых федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями - с целью обеспечения единого методического подхода всех органов исполнительной власти, к разработке и утверждению своих нормативных актов, устанавливающих номенклатуру, объемы и сроки создания в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств (далее - запасы).

Утверждены в МЧС России – в марте 2012 года, в Министерстве экономического развития РФ – в апреле 2012 года за № 43-2047-14.

Запасы создаются для первоочередного обеспечения населения в военное время, при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также для минимизации и (или) ликвидации последствий террористических актов с применением радиоактивных, химических и биологически опасных веществ, обеспечения спасательных воинских формирований федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области гражданской обороны, аварийно-спасательных формирований и спасательных служб при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ в случае возникновения опасности при ведении военных действий или вследствие этих действий.

Запасы создаются заблаговременно в мирное время в резервах (запасах) материальных ресурсов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организациях, в которых в установленном порядке назначаются должностные лица, в обязанности которых входит их учет, содержание помещений для их хранения, обеспечение сохранности и готовности к применению.

Федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и организации определяют номенклатуру и объемы создаваемых запасов, создают и содержат их, а также осуществляют контроль за их использованием.

Созданные запасы хранятся в условиях, отвечающих установленным требованиям по обеспечению их сохранности. Складские помещения, используемые для хранения запасов, должны удовлетворять соответствующим требованиям нормативной технической документации (стандартам, техническим условиям и т.д.). Требования к складским помещениям, а также к порядку накопления, хранения, освежения, использования и восполнения запасов определяются в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Запасы создают:

федеральные органы исполнительной власти для работников этих органов и организаций, находящихся в их ведении;

органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации для работников этих органов и организаций, находящихся в их ведении, а также детей дошкольного возраста, обучающихся и неработающее население, проживающих на территории соответствующего субъекта Российской Федерации;

органы местного самоуправления для работников этих органов и созданных ими муниципальных организаций (предприятий и учреждений);

организации для работников этих организаций и подведомственных им объектов производственного и социального назначения.

МЧС России осуществляет организационно-методическое руководство и контроль за накоплением, хранением, освежением, восполнением и использованием запасов, создаваемых федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями.

Номенклатура и объем создаваемых запасов определяются создающими их органами, организациями исходя из:

возможного характера военных действий на территории Российской Федерации (возможный характер военных действий с применением ядерного, химического, биологического и других видов оружия на территории Российской Федерации доводится уполномоченным федеральным органом исполнительной власти до создающих их органов, организаций в части касающейся);

величины вероятного ущерба объектам экономики и инфраструктуры от ведения военных действий или вследствие этих действий, а также от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

потребности в запасах в соответствии с планами гражданской обороны федеральных органов исполнительной власти и организаций, а также планами гражданской обороны и защиты населения субъектов Российской Федерации и муниципальных образований;

норм минимально необходимой достаточности запасов;

природных, экономических и иных особенностей территорий.

При этом должно учитываться и планируемое к эвакуации на данную территорию население из другого региона (регионов).

Номенклатура запасов должна включать:

в районах ожидаемого затопления - индивидуальные спасательные средства (спасательные жилеты, спасательные круги, спасательные веревки), лодки и плоты десантные, надувные лодки, шлюпки спасательные, моторы лодочные подвесные, легкое водолазное снаряжение, помпы (насосы) для откачки воды, воздушные изолирующие дыхательные аппараты с запасными баллонами, комплекты индивидуальные медицинские гражданской защиты и другие средства;

в районах химического, биологического и радиационного заражения - средства индивидуальной защиты, медицинские средства индивидуальной защиты (средства профилактики и терапии отравлений опасными химическими веществами), индивидуальные противохимические пакеты, приборы химической и биологической (бактериологической) разведки и контроля, оборудование и средства для дегазации, дезинфекции, антидоты и другие средства;

в районах ожидаемых пожаров - средства индивидуальной защиты при пожаре (комплекты защитной одежды пожарного, противогазы гражданские фильтрующие, каски защитные с ударно-прочным щитком, самоспасатели фильтрующие и изолиру-

ющие), запасы средств тушения пожара и ведения аварийно-спасательных работ (насосы, мотопомпы и рукава пожарные, огнетушители аварийно-спасательный инструмент, электро(бензо)пилы, лебедки ручные, лопаты, домкраты, топоры), емкости для воды, медикаменты и другие средства.

Во всех районах создаются запасы продуктов питания. Рекомендуемая номенклатура обеспечения продуктами питания: хлеб ржаной и белый, мука пшеничная, крупа разная, макаронные изделия, молоко и молокопродукты, мясопродукты, рыбопродукты, жиры, сахар, соль. чай, картофель, овощи, запасы иных продуктов питания.

Проверка качественного состояния запасов при приемке продукции, закладке в запасы и в процессе хранения проводится методом выборочного или сплошного контроля.

Выборочный и сплошной контроль качественного состояния запасов осуществляется двумя методами:

осмотра тары (упаковки) и маркировки находящихся в ней запасов с определением их технического состояния (средств индивидуальной защиты и приборов радиационной, химической, биологической разведки и контроля и т.д.) или пригодности к использованию (продукты питания, медикаменты и т.д.) по внешнему виду;

проведения периодических испытаний (проверки) запасов, в том числе поверка приборов и дозиметров, лабораторные испытания средств индивидуальной защиты.

Списание и утилизация запасов, утративших защитные и эксплуатационные свойства, производится по решению руководителей органов, организаций, создающих запасы на основании актов периодических (лабораторных) испытаний (поверки). При этом должно производиться своевременное освежение и замена запасов взамен списанных. Средства индивидуальной защиты допускается списывать по истечении рекомендуемых, назначенных сроков хранения как морально устаревшие.

Организационно-методическое руководство и контроль за организацией создания и хранения запасов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций осуществляется МЧС России в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормативными документами МЧС России.

Основными вопросами контроля являются:

выполнение требований по разработке организационных и планирующих документов по созданию, хранению и содержанию запасов и их обоснованность;

выполнение требований по оборудованию складских помещений и размещению в них запасов;

содержание и техническое обслуживание запасов;

состояние учета и отчетности по запасам;

готовность к выдаче запасов.

Финансирование накопления, хранения, использования, освежения запасов, содержания, ремонта, аренды и охраны складов, оплата работ, связанных с перемещением, консервацией, проведением лабораторных испытаний и технических проверок осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

В соответствии с приказом Минфина России от 30 декабря 2009 года № 150н «Об утверждении указаний о порядке применения бюджетной классификации Российской Федерации» (в ред. Приказов Минфина России от 31.03.2010 № 28н, от 24.06.2010 № 61н) с 1 января 2010 года установлены «Правила отнесения расходов всех бюджетов бюджетной системы Российской Федерации на соответствующие раз-

делы и подразделы классификации расходов». В разделе 0300 «Национальная безопасность и правоохранительная деятельность» подраздел 0309 «Защита населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, гражданская оборона» подлежат отражению расходы на обеспечение деятельности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций и определена целевая статья 219 0000 «Мероприятия по гражданской обороне», в которой отражаются расходы на проведение мероприятий по гражданской обороне и статья 2190100 «Подготовка населения и организаций к действиям в чрезвычайной ситуации в мирное и военное время», в которых отражаются расходы на закупку и содержание средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты, приборов радиационной, химической разведки и контроля.

Ежегодно работники, уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обобщают информацию о номенклатуре и количестве средств индивидуальной защиты и медицинских средств индивидуальной защиты, приборов радиационной, химической, биологической разведки и контроля в запасах, формируют и направляют предложения в свои финансовые органы.

В целях решения вопросов освежения и создания запасов имущества гражданской обороны осуществляется разработка и реализация внутриведомственных, региональных (областных) и муниципальных целевых программ по гражданской обороне и по защите населения от чрезвычайных ситуаций.

9.8. Техническое обеспечение[93]

Техническое обеспечение в мирное и военное время – это комплекс мероприятий, включающих: обеспечение их вооружением и техникой, боеприпасами, военно-техническим имуществом; эксплуатацию вооружения и техники; восстановление повреждённых (неисправных) образцов вооружения и техники; техническую и специальную подготовку.

Техническое обеспечение осуществляется в целях содержания всех видов транспорта, инженерной и другой специальной техники в исправности и постоянной готовности к выполнению задач.

Основными задачами технического обеспечения являются:

техническое обслуживание транспорта и техники в установленные сроки и заданном объеме;

ремонт транспорта и техники, выходящих из строя в ходе выполнения задач гражданской обороны;

снабжение ремонтных предприятий, мастерских и формирований, предназначенных для ремонта и обслуживания, запасными частями, материальными средствами и инструментом;

эвакуация вышедших из строя транспорта и техники с маршрутов и участков объектов работ) в стационарные ремонтные предприятия или на сборные пункты поврежденных машин;

подготовка органов сил и средств для решения перечисленных задач.

[93] Рожков С.Н. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

Для решения задач технического обеспечения привлекаются все имеющиеся на территории субъектов Российской Федерации и муниципальных образований ремонтные предприятия, заводы и мастерские по ремонту транспортных средств, автотракторной, инженерной и другой специальной техники); станции технического обслуживания; дорожные строительно-монтажные управления и сельскохозяйственные предприятия; базы и склады запасных частей и ремонтных материалов, а также создаваемые на их базе подвижные группы, такие как:

эвакуационные группы – для вытаскивания застрявшей (затонувшей) техники, буксированию или транспортированию поврежденной (неисправной) техники в укрытия, места погрузки и ремонта;

ремонтно-восстановительные группы по ремонту автотракторной техники, ремонтно-восстановительные группы по ремонту инженерной или другой специальной техники – для выполнения комплекса работ с целью приведения в исправное (работоспособное) состояние вышедших из строя машин путем замены (ремонта) их поврежденных или изношенных единиц (агрегатов, узлов, механизмов, приборов и деталей) на местах выхода их из строя, в ближайших укрытиях, на сборных пунктах поврежденных машин и на стационарных ремонтных предприятиях.

Техническое обеспечение формирований субъектов РФ, муниципальных образований, привлекаемых для решения задач ГО, осуществляется под руководством начальника технической службы.

Техническое обеспечение СВФ МЧС России, выполняющих задачи ГО в военное время, организуется ими самостоятельно, путем использования ремонтной базы и ремонтных подразделений как СВФ, так и вышестоящих органов управления. Также может быть использована и местная экономическая база той территории, на которой они выполняют задачи.

9.9. Обеспечение правопорядка[94]

Правопорядок есть порядок, основанный на праве. Это система отношений, охраняемых, защищаемых, регулируемых правом. Вне права или без права правопорядок немыслим. Само это понятие слагается из двух слов «право» и «порядок», весьма точно передающих суть явления.

Ключевым в данном сочетании слов является, конечно же, слово «порядок». В рассматриваемом контексте оно означает «правильное, налаженное состояние, расположение чего-нибудь»[95]. С философской точки зрения «порядок» - ясная и четкая организация какой-либо сферы действительности[96]. Ну а назначение права - вносить определенный порядок во взаимоотношения между людьми и их объединениями посредством правовых норм.

Федеральный закон от 12.02.1998 №28-ФЗ «О гражданской обороне» упоминает категорию «порядок» (в рассматриваемом смысле)[97] только однажды - среди ос-

[94] Василишин И.И. Каф. 43 «Правового обеспечения деятельности РСЧС»

[95] См.: Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. С. 395.

[96] Философский словарь - http://www.onlinedics.ru/slovar/fil/p/porjadok.html

97 В русском языке слово «порядок» применяется в разных смыслах: 1. Правильное, налаженное состояние, расположение чего-н. 2. Последовательный ход чего-н. 3. Правила, по к-рым совершается что-н.; существующее устройство, режим. 4. Военное построение. 5. Числовая характеристика той или иной величины (спец.). 6. порядка чего, в знач. предлога с род. п. Около, с (в знач. приблизительности) (разг.). 7. порядок! Выражение в знач.: всё так, всё в порядке, всё хорошо (прост.). и др. – см. http://enc-dic.com/ozhegov/Porjadok-25385/

новных задач в области гражданской обороны (ст.2): *восстановление и поддержание порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера*.

Постановление Правительства РФ от 26.11.2007 №804 «Об утверждении Положения о гражданской обороне в Российской Федерации» развивает содержание Закона о ГО, но оперирует уже категорией «общественный порядок». В п.17 к основным мероприятиям по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с восстановлением и поддержанием порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, являются:

создание сил охраны общественного порядка, их оснащение материально-техническими средствами и подготовка в области гражданской обороны;

восстановление и охрана общественного порядка, обеспечение безопасности дорожного движения в городах и других населенных пунктах, на маршрутах эвакуации населения и выдвижения сил гражданской обороны;

охрана объектов, подлежащих обязательной охране органами внутренних дел, и имущества юридических и физических лиц (в соответствии с договором), принятие мер по охране имущества, оставшегося без присмотра.

А в «Методических рекомендациях по организации и ведению гражданской обороны в субъекте Российской Федерации и муниципальном образовании», утвержденных Главным военным экспертом МЧС России 13.12.2012 № 2-4-87-30-14, одновременно используются категории «общественный порядок» и «правопорядок»: одной из основных задач сил охраны общественного порядка в очагах поражения при проведении АСДНР определено «проведение профилактических мер среди населения по недопущению нарушений правил правопорядка».

В реализации мероприятий, связанных с обеспечением правопорядка, общественного порядка, в той или иной степени участвуют все силы гражданской обороны. Рассмотрим примеры отдельных нормативных правовых актов.

П.28 Постановления Правительства РФ от 30.12.2003 №794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» в числе основных мероприятий, проводимых органами управления и силами единой системы в режиме чрезвычайной ситуации определена «организация работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций и всестороннему обеспечению действий сил и средств единой системы, поддержанию общественного порядка в ходе их проведения, а также привлечению при необходимости в установленном порядке общественных организаций и населения к ликвидации возникших чрезвычайных ситуаций».

В приложении №1 к Приказу МЧС РФ от 23.12.2005 №999, которым утвержден «Порядок создания нештатных аварийно-спасательных формирований», определен Примерный перечень создаваемых территориальных нештатных аварийно-спасательных формирований, часть из которых ориентирована на охрану общественного порядка.

Целый ряд норм, связанных с общественным порядком, содержатся в Приказе МЧС РФ от 14.11.2008 №687 «Об утверждении Положения об организации и ведении гражданской обороны в муниципальных образованиях и организациях»:

«по решению органов местного самоуправления (организаций) могут создаваться спасательные службы (медицинская, инженерная, коммунальная, противопо-

жарная, охраны общественного порядка, защиты животных и растений, оповещения и связи, защиты культурных ценностей, автотранспортная, торговли и питания и другие), организация и порядок деятельности которых определяются создающими их органами и организациями в соответствующих положения о спасательных службах»;

«по восстановлению и поддержанию порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и террористических акций:

создание и оснащение сил охраны общественного порядка, подготовка их в области гражданской обороны;

восстановление и охрана общественного порядка, обеспечение безопасности дорожного движения на маршрутах выдвижения сил гражданской обороны и эвакуации населения;

обеспечение беспрепятственного передвижения сил гражданской обороны для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ;

осуществление пропускного режима и поддержание общественного порядка в очагах поражения;

усиление охраны объектов, подлежащих обязательной охране органами внутренних дел, имущества юридических и физических лиц по договорам, принятие мер по охране имущества, оставшегося без присмотра.

по восстановлению и поддержанию порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и террористических акций:

создание и оснащение сил охраны общественного порядка, подготовка их в области гражданской обороны;

осуществление пропускного режима и поддержание общественного порядка в очагах поражения;

усиление охраны организаций, подлежащих обязательной охране органами внутренних дел, имущества юридических и физических лиц по договорам, принятие мер по охране имущества, оставшегося без присмотра».

В вопросах охраны общественного порядка особое место занимает система МВД России, одной из основных задач которой, в соответствии с п. п 3 п.3 «Положения о Министерстве внутренних дел Российской Федерации», являются «обеспечение защиты жизни, здоровья, прав и свобод граждан Российской Федерации, иностранных граждан, лиц без гражданства, противодействие преступности, охрана общественного порядка и собственности, обеспечение общественной безопасности».

В соответствии с Приказом МВД России от 06.10.2008 №861 «Об утверждении Положения об организации и ведении гражданской обороны в системе МВД России» в системе МВД России силами гражданской обороны являются аварийно-спасательные формирования и силы охраны общественного порядка.

К силам охраны общественного порядка относятся структурные подразделения центрального аппарата МВД России и территориальных органов МВД России, выполняющие задачи по:

обеспечению безопасности граждан и общественного порядка, в том числе в местах проведения публичных и массовых мероприятий, а также при чрезвычайных ситуациях и осложнениях оперативной обстановки;

обеспечению безопасности дорожного движения;

государственной охране объектов, а также охране имущества граждан и организаций.

К выполнению органами внутренних дел задач по охране общественного порядка и обеспечению общественной безопасности при ведении гражданской обороны в соответствии с федеральным законодательством в порядке, установленном нормативными правовыми актами Президента Российской Федерации и МВД России, и по соответствующим планам привлекаются или могут привлекаться:

соединения, воинские части (подразделения), военные образовательные учреждения высшего профессионального образования и учреждения внутренних войск МВД России;

воинские части МВД России военного времени;

соединения и воинские части (подразделения) Вооруженных Сил Российской Федерации и других войск, воинские формирования, органы и специальные формирования.

В качестве практического примера охраны общественного порядка (в совокупности с обеспечением безопасности дорожного движения) могут служить утвержденные МЧС России «Методические рекомендации по планированию, подготовке и проведению эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы»[98].

Одна из важных задач, решаемых при проведении эвакуации населения из районов техногенных аварий и природных бедствий, заключается в охране общественного порядка и обеспечении безопасности дорожного движения. Эта задача решается в два этапа.

Первый - подготовительный, предусматривает направление представителей органов внутренних дел в соответствующие территориальные эвакокомиссии, уточнение исходных данных и корректировку специального плана охраны общественного порядка и безопасности. Кроме того, предварительно уточняется состояние маршрутов эвакуации, осуществляется рекогносцировка мест развертывания СЭП и пунктов посадки эвакуируемого населения на транспорт (если они не совмещаются со сборными эвакуационными пунктами), готовится или уточняется текст обращения к населению по поводу предстоящей эвакуации, информация о правилах поведения при эвакуации, рассматривается необходимость формирования дополнительных видов нарядов.

Второй - основной, включает осуществление конкретных мероприятий по охране общественного порядка и регулированию дорожного движения на протяжении всего периода эвакуации, проведение учета эвакуированного населения в местах размещения.

Основными задачами второго этапа являются:

блокирование автомагистралей и коммуникационных пешеходных путей, ведущих в опасные районы, в целях наиболее эффективного обеспечения эвакуационных, спасательных и других неотложных мероприятий;

осуществление нарядами жесткого пропускного режима, предусматривающего пресечение проезда в опасный район транспорта и прохода граждан, не занятых в проведении эвакуационных, спасательных и других неотложных мероприятий;

[98] «Гражданская защита», № 12, 2006 (начало); «Гражданская защита», №1 - 7, 2007 (продолжение); «Гражданская защита», №8, 2007 (окончание)

проведение выборочного контроля технического состояния транспортных средств, предназначенных для эвакоперевозок;

оказание содействия (при необходимости) должностным лицам, ответственным за проведение эвакуационных мероприятий, в мобилизации транзитного транспорта в целях обеспечения быстрейшего вывоза людей из опасных зон;

охрана общественного порядка и обеспечение безопасности на объектах ГО, задействованных в эвакомероприятиях (СЭП, пункты посадки и погрузки, внутригородские маршруты, железнодорожные станции, речные порты, аэропорты и т.д.), на маршрутах эвакуации, в населенных пунктах, подлежащих отселению, и в местах размещения эвакуированного населения, предупреждение паники и дезинформационных слухов;

охрана объектов в установленном порядке на этот период;

регулирование дорожного движения на внутригородских и загородных маршрутах эвакуации;

сопровождение автоколонн с эвакуируемым населением;

обеспечение установленной очередности перевозок по автомобильным дорогам и режима допуска в опасные зоны;

ведение борьбы с преступностью в городах и населенных пунктах, на маршрутах эвакуации и в местах размещения;

организация приписки эвакуированного населения и ведение адресно-справочной работы.

Обеспечение деятельности служебных нарядов органов внутренних дел для решения указанных задач включает комплекс мер по защите личного состава от поражающих факторов аварий и стихийных бедствий (радиоактивное и химическое заражение местности, неблагоприятные погодно-климатические условия), дооснащению подразделений и нарядов необходимыми материальными и техническими средствами (автотранспортом, ГСМ, средствами связи и специальной техники, оружием и боеприпасами, вещевым имуществом и средствами индивидуальной защиты, приборами радиационной и химической разведки, дозиметрического контроля, медикаментами и медицинским имуществом, обменной обувью, одеждой, бельем и т.п.), по инженерному оборудованию постов, маршрутов патрулирования, пунктов регулирования дорожного движения, контрольно-пропускных пунктов (возведение ограждений, шлагбаумов, площадок для стоянки автотранспорта, защитных сооружений и т.п.), а также по организации питания, водообеспечения, медицинского и санитарно-гигиенического обслуживания личного состава.

Объем и содержание этих мер определяются продолжительностью проведения эвакуации, складывающейся оперативной обстановкой, численностью привлекаемых сил органов внутренних дел. Непосредственная реализация мер возлагается на систему обеспечивающих подразделений органов внутренних дел, а также на соответствующие территориальные организации и учреждения.

Особенности организации охраны общественного порядка и обеспечения безопасности дорожного движения при проведении эвакуации населения

Деятельность служебных нарядов органов внутренних дел в зонах радиоактивного загрязнения и химического заражения должна осуществляться с учетом следующих особенностей, в зависимости от конкретно складывающейся обстановки:

работа проводится с использованием средств индивидуальной и коллективной защиты (в противогазах, респираторах, защитных костюмах), патрулирование - в бронетранспортерах, отдых - в защищенных помещениях и т.п.;

возложенные обязанности выполняются нарядами органов внутренних дел в тесном взаимодействии с силами противорадиационной и противохимической защиты и другими аварийно-спасательными формированиями;

наряды органов внутренних дел осуществляют контроль радиационной и химической обстановки в местах несения службы и постоянно обмениваются между собой информацией.

Блокирование автомагистралей и коммуникационных пешеходных путей, а также обеспечение жесткого пропускного режима осуществляются посредством выставления заградительных постов и заслонов. К выполнению этой задачи помимо сил и средств органов внутренних дел, в зависимости от складывающейся обстановки, могут привлекаться и подразделения внутренних войск с соответствующей техникой. Технические средства, используемые при блокировании, могут быть различны: шлагбаумы, средства принудительной остановки транспорта, груженые автомобили, бронетранспортеры, танки. Работа проводится преимущественно методами убеждения, т.е. разъяснения сложившихся обстоятельств, правил проезда (прохода) и необходимости ограничительных мер, а в особых случаях методом принуждения с использованием технических и специальных средств.

Выборочный осмотр транспорта, предназначенного для эвакоперевозок, сотрудники ГАИ организуют в местах сбора автотранспортных средств.

Мобилизация автотранспорта проводится только в случаях крайней необходимости.

При организации охраны общественного порядка следует не только определить требуемые силы и средства для обеспечения в рамках компетенции милиции эффективной работы СЭП, но и провести заблаговременную рекогносцировку их территорий и прилегающей к ним местности, составить (уточнить) детальную схему каждого СЭП с указанием численности и контингентов прибывающего населения, входов (въездов) и выходов (выездов), планировки помещений, их оборудования, состояния подходов (подъездов), основных строений вокруг. Важно также собрать сведения о морально-психологическом состоянии населения, подлежащего эвакуации, проанализировать информацию, необходимую для инструктирования служебных нарядов, созданных для охраны общественного порядка на СЭП.

Основными видами нарядов, обеспечивающих общественный порядок на СЭП и подходах к ним, являются пост охраны порядка (ПО), патрули, оперативно-поисковые группы (ОПГ).

Посты охраны порядка выставляются на СЭП в местах посадки на транспорт, на специальных объектах. Они располагаются таким образом, чтобы наряд мог вести беспрепятственное наблюдение и эффективно действовать на удалении прямой видимости.

Наряд подчиняется начальнику СЭП и поддерживает с ним постоянный контакт.

Наряды несут службу на СЭП и подходах к ним до окончания эвакуации, после чего по указанию соответствующего начальника органов внутренних дел они снимаются и приступают к выполнению других задач.

Патрули действуют на конкретных маршрутах. Основная их задача - обеспечение общественного порядка, пресечение преступлений и других правонарушений, задержание нарушителей и преступников. Они оказывают помощь другим нарядам ор-

ганов внутренних дел, представителям органов власти, эвакокомиссий, должностным лицам ГО.

ОПГ имеет задачу предотвращать, пресекать и раскрывать по горячим следам преступления в закрепленном за группой секторе (районе), вести розыск преступников, скрывшихся с места преступления, выявлять и задерживать лиц, распространяющих ложные слухи, вести борьбу с распространением таких слухов среди населения.

При проведении эвакомероприятий в черте города охрана общественного порядка осуществляется также на внутригородских маршрутах эвакуации и пунктах посадки на транспорт. При этом охрана общественного порядка на таких пунктах ведется с учетом расположения их по отношению к СЭП (совместно или раздельно).

Если СЭП не совмещен с пунктами посадки на транспорт, охрана общественного порядка организуется с учетом формирования пеших колонн, эвакуируемых и осуществляется одновременно и на маршрутах следования этих колонн.

При проведении эвакуационных мероприятий всегда должен применяться такой способ действий, как сопровождение колонн патрульными автомобилями ГАИ. Это позволяет наиболее четко и эффективно обеспечить доставку транспорта с пораженными и эвакуируемыми людьми кратчайшими и наиболее безопасными путями к местам оказания помощи и временного размещения.

Пешие колонны эвакуируемых сопровождаются специальными нарядами (группами) сопровождения. Каждый такой наряд состоит из двух - трех работников милиции.

Если СЭП совмещен с пунктами посадки на транспорт, наряд органов внутренних дел выполняет возложенные на него задачи как на территории СЭП, так и в пункте посадки.

На пунктах посадки наряды решают следующие задачи: поддерживают очередность посадки; пресекают нарушения общественного порядка и порядка посадки (например, самовольное занятие транспорта); не допускают на посадку лиц, не прошедших регистрацию; следят за соблюдением норм посадки и погрузки багажа, устанавливаемых на время эвакуации.

Для более надежной охраны общественного порядка места посадки оцепляются. С этой целью выделяются участки территорий вокруг пунктов посадки, на которые с определенного времени прекращается свободный доступ людей.

С течением времени вместо заградительных постов и заслонов в черте городов и населенных пунктов, как правило, организуются контрольно-пропускные пункты (КПП), посты регулирования (ПР), которые наряду с патрулями в ПО выполняют основную работу по обеспечению бесперебойного и безаварийного движения автоколонн с эвакуируемыми людьми и поддержанию надлежащего общественного порядка, исполнению мер режимно-ограничительного характера. Дислокация КПП и ПР определяется исходя из конкретно сложившейся обстановки.

Виды остальных нарядов, выставляемых в пределах города и на маршрутах эвакуации (кроме КПП и ПР, установленных по схеме дислокации), определяет руководитель операций, исходя из численности и состава эвакуируемого контингента, значимости объектов, подлежащих эвакуации, наличия сил и средств, поставленных задач.

Охрану общественного порядка и регулирование дорожного движения при следовании вне пределов городов и населенных пунктов обеспечивают КПП, ПР, патрули, ОПГ, наряды сопровождения эваколонн, заслоны.

В состав этих нарядов входят также силы органов внутренних дел, по территории обслуживания, которых проходят маршруты эвакуации.

Эти наряды органов внутренних дел, решая задачи обеспечения общественного порядка и безопасности дорожного движения на загородных маршрутах (автодорогах), обеспечивают установленный единый порядок использования автомобильных дорог в условиях ведения ГО.

Ответственность за организацию движения на автомобильных дорогах страны (кроме военно-автомобильных), за обеспечение установленного порядка движения по ним возлагается на ГАИ, подразделения которой, кроме участия в работе КПП и ПР, проводят комплекс мероприятий, предполагающих использование технических средств ориентации и регулирования движения (установка соответствующих дорожных знаков, указателей, табло, панно).

Движение при проведении эвакуации может быть организовано следующим образом:

выделением специальных обособленных полос для движения автотранспорта либо переводом на особый режим движения отдельных автомагистралей;

введением отдельных ограничений движения на улицах городов и загородных магистралях в целях приоритетного пропуска автотранспорта, участвующего в эвакомероприятиях;

предоставлением преимущественного права проезда автоколонн с эвакуируемыми людьми через перекрестки.

Для более организованного и успешного действия нарядов органов внутренних дел загородные автомобильные маршруты разбиваются на участки, на которых выставляются наряды из расчета один КПП на 7 - 10 км и которые закрепляются за подразделениями ГАИ соответствующих территориальных органов внутренних дел. Наряды органов внутренних дел, выполняя задачи по обеспечению охраны общественного порядка и регулирования дорожного движения, обеспечивают безостановочное и максимально быстрое передвижение автомобильных эвакоколонн по отведенным для них маршрутам, контролируют установленный порядок движения, соблюдение водителями дистанции между автомобилями и ведут учет проходящих колонн, не допуская скопления транспортных средств и граждан.

При этом они осуществляют проверку правильности использования автотранспорта, ведут борьбу с нарушениями Правил дорожного движения.

Сопровождение лиц, эвакуируемых железнодорожным и водным транспортом, осуществляется нарядами сопровождения территориальных органов внутренних дел совместно с личным составом подразделений на железнодорожном и водном транспорте в пределах границ области (республики, края).

Охрана общественного порядка в местах размещения эвакуированного населения начинается с момента его прибытия в пункты высадки и на ПЭП. Охрана общественного порядка на указанных пунктах осуществляется силами и средствами территориальных органов внутренних дел, а также нарядами, сопровождающими эвакуированных.

Наряды органов внутренних дел после завершения эвакуации осуществляют в местах размещения эвакуированных следующие мероприятия: по предупреждению и пресечению преступлений и иных нарушений общественного порядка; организации учета эвакуированного населения; адресно-справочной работе; розыску пропавших граждан; выявлению и направлению в приемники-распределители для несовершенно-

летних детей и подростков, потерявших родителей или лиц, их замещающих; предупреждению и пресечению паники и массовых беспорядков.

Сопровождение эвакуированного населения от ПЭП до пунктов размещения осуществляется нарядами сопровождения, которые комплектуются, как правило, из числа сотрудников, не заступивших на службу, участковых, а также милиционеров, закончивших службу на ПЭП.

В местах размещения эвакуированных, где нет подразделений органов внутренних дел (например, в сельской местности), соответствующий начальник создает для охраны общественного порядка и борьбы с преступностью оперативные пункты милиции. В их состав включаются работники аппаратов охраны общественного порядка, уголовного розыска, участковые инспектора и милиционеры.

Сотрудники оперативных пунктов обеспечивают безопасность дорожного движения в населенных пунктах, где размещаются эвакуированные, организуют их учет и регистрацию, оказывают содействие должностным лицам в размещении прибывающих.

9.10. Комплексная маскировка[99]

«Основы единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года» (утв. Президентом РФ 03.09.2011 № Пр-2613) определяют основные направления развития в области гражданской обороны, среди которых с целью адекватного и своевременного реагирования на сохраняющиеся и перспективные угрозы особое место занимает сохранение объектов, необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время. Направление предполагает (п.16 в) разработку и осуществление мероприятий по комплексной маскировке критически важных и потенциально опасных объектов, подлежащих в условиях военного времени защите от современных средств поражения. В настоящее время единая государственная политика Российской Федерации в области гражданской обороны направлена на формирование эффективного механизма реализации органами государственной власти Российской Федерации, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, организациями и гражданами своих полномочий и прав по выполнению мероприятий комплексной маскировки объектов экономики и территорий Российской Федерации.

В рамках формирования Концепции комплексной маскировки, представляющей собой совокупность научно-обоснованных взглядов и принципов на обеспечение защиты наиболее важных (ключевых) объектов отраслей экономики и систем государственного управления от воздействия на них современных средств поражения, пристальное внимание в соответствии с Федеральным законом от 12.02.1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне» (ст. 2) уделяется решению одной из основных задач в области гражданской обороны - проведение мероприятий по световой маскировке и другим видам маскировки.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2007 г. № 804 «Об утверждении Положения о гражданской обороне в Российской Федерации» (п.11) основными мероприятиями по гражданской обороне, осуществляемыми в целях решения задачи, связанной с обеспечением световой и других

[99] Рейхов Ю.Н., Тугушов К.В. Каф. 71 «Устойчивости экономики и систем жизнеобеспечения»

видов маскировки, являются:

определение перечня объектов, подлежащих маскировке;

разработка планов осуществления комплексной маскировки территорий, отнесенных в установленном порядке к группам по гражданской обороне, а также организаций, являющихся вероятными целями при использовании современных средств поражения;

создание и поддержание в состоянии постоянной готовности к использованию по предназначению запасов материально-технических средств, необходимых для проведения мероприятий по осуществлению световой и других видов маскировки;

проведение инженерно-технических мероприятий по уменьшению демаскирующих признаков организаций, отнесенных в установленном порядке к категориям по гражданской обороне.

Комплексная маскировка является одним из видов защиты городских округов и поселений, отнесенных к группам по гражданской обороне; городских округов и поселений, на территории которых располагаются организации, отнесенные к категориям по гражданской обороне; а также организаций, продолжающих свою деятельность в период мобилизации и военное время, реализуемых при выполнении мероприятий по гражданской обороне заблаговременно, при приведении гражданской обороны в готовность и в военное время. Она организуется и осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации о гражданской обороне и об обороне в целях создания ложного представления о составе и объемах проводимых мероприятий в области ведения гражданской обороны, а также скрытия действительного расположения, состава и размещения зданий, сооружений и технологического оборудования объектов экономики и инфраструктуры населенных пунктов от всех видов и средств ведения разведки и поражения противника.

Подготовка к ведению маскировочных мероприятий на объектах и территориях осуществляется в мирное время заблаговременно, путем разработки планирующих документов, подготовки личного состава аварийно-спасательных формирований и спасательных служб, а также накоплением имущества и технических средств, необходимых для их проведения.

К объектам и территориям могут быть применены четыре основных типа ведения маскировочных мероприятий:

световая маскировка – осуществляется в приграничных населенных пунктах и на отдельно расположенных объектах экономики и инфраструктуры, если указанные населенные пункты и объекты рассматриваются органами военного управления как вероятные цели поражения при вторжении на территорию Российской Федерации;

световая и другие виды маскировки – проводятся на территориях, отнесенных к группам по гражданской обороне и в населенных пунктах с расположенными на их территориях организациями, отнесенными к категориям по гражданской обороне, предусматривают маскировку объектов организаций и инфраструктуры населенных пунктов при проведении как определенных мероприятий по гражданской обороне, так и с целью обеспечения защиты объектов, продолжающих работу (функционирование) в военное время, если они являются вероятными целями поражения в военное время. Основное предназначение - противодействие их обнаружению, ведению целеуказания и выводу их из строя, а также недопущение срыва сроков выполнения мероприятий по гражданской обороне;

комплексная маскировка территорий – проводится в зонах вероятного пролета средств доставки и средств поражения к целям (объектам вероятного поражения), основное предназначение – изменение (скрытие и создание ложных) ориентирных указателей территорий, осуществляется в целях снижения точности наведения средств доставки и поражения на цели;

комплексная маскировка организаций – проводится на территориях организаций, продолжающих свою деятельность в период мобилизации и военное время, а также на прилегающих к ним территориях и предусматривает весь комплекс маскировочных мероприятий, обеспечивающих снижение демаскирующих параметров объектов и прилегающих ориентирных указателей территорий (в оптическом, радиолокационном, тепловом (инфракрасном) спектрах, снижение параметров вибрационной и гравитационной «заметности», а также мероприятий по ввозу/вывозу людей, оборудования и материалов).

Комплексная маскировка в целях защиты объектов проводится: имитацией и скрытием объектов и ориентиров вокруг них, которые могут быть использованы противником как вспомогательные точки прицеливания при бомбометании и пуске ракет (аэрозоли, маски-экраны, тепловые и световые ложные цели, использование радио- и теплопоглощающие покрытия, зеленые насаждения и др.); преждевременным подрывом боевых частей ВТО на безопасном для защищаемых объектов удалении (генераторы ответных помех); корректировкой физических полей объектов при проведении мероприятий ГО по повышению их физической стойкости, дублировании и резервировании уязвимых элементов объектов (изменение контрастности излучений, снижением их интенсивности (временным прекращением), демонстрацией ложных излучений в сочетании с макетированием ложных элементов объектов); экранированием отдельных элементов объектов с одновременной постановкой ложных целей (постановка аэрозольных завес в сочетании с одновременным созданием на траекториях полета ВТО статических и динамических ложных целей). Комплексное применение всех указанных видов и средств маскировки позволяет в несколько раз снизить вероятность поражения защищаемых объектов (критических элементов) средствами ВТО противника.

Предусматриваются три уровня приоритета комплексной маскировки объектов.

К объектам первого приоритета относятся пункты государственного управления, узлы связи, радиовещательные станции, телецентры, железнодорожные узлы, аэродромы, железнодорожные и автомобильные мосты основных направлений, склады и базы госрезервов, насосные станции трубопроводов.

К объектам второго приоритета относятся, тепловые и гидроэлектростанции, подстанции, ЛЭП, склады ГСМ, нефтебазы, крупные объекты водо-, электро- и теплоснабжения.

К объектам третьего приоритета относятся нефтеперерабатывающие и химические производства, предприятия оборонного комплекса, цветной и черной металлургии, машиностроения, электротехнической промышленности, крупные госпитали и больницы.

В городских округах и поселениях, на объектах экономики и инфраструктуры, попадающих в зоны ведения маскировки, заблаговременно осуществляются технические мероприятия по обеспечению: снижения параметров физических полей; снижения вибрационной и гравитационной заметности; по проверке и наладке отключения наружного освещения населенных пунктов и объектов экономики и инфраструктуры;

созданию ложных объектов, а также организационные мероприятия по подготовке и обеспечению световой маскировки производственных огней при получении сигналов.

Световая маскировка объектов является одной из разновидностей инженерной маскировки. Она проводится в оптическом диапазоне излучений в целях снижения заметности объектов, городов и иных населенных пунктов в темное время суток для воспрепятствования опознавания объекта оптическими средствами наведения носителей и оружия воздушного противника.

Световая маскировка городских округов и поселений, объектов экономики и инфраструктуры, входящих в зоны маскировки объектов и территорий, должна предусматриваться в двух режимах: частичного затемнения и ложного освещения. Подготовительные мероприятия, обеспечивающие осуществление светомаскировки в этих режимах, должны проводиться заблаговременно, в мирное время. В режиме частичного затемнения должно предусматриваться завершение подготовки к введению режима ложного освещения. Режим частичного затемнения не должен нарушать нормальную производственную деятельность в городских округах и поселениях, а также на объектах экономики и инфраструктуры. Переход с обычного освещения на режим частичного затемнения должен производиться не более чем за 3 ч. Режим частичного затемнения после его введения действует постоянно, кроме времени действия режима ложного освещения. Режим ложного освещения, предусматривает полное затемнение наиболее важных зданий и сооружений объектов экономики и инфраструктуры, а также ориентирных указателей на территориях, а также освещение ложных и менее значимых объектов (улиц и территорий). Переход с режима частичного затемнения на режим ложного освещения должен осуществляться не более чем за 3 мин.

Маскировка производственных огней (факелов, горячего шлака, расплавленного металла и т.д.) допускается проведением технических мероприятий по изменению излучаемого спектра электромагнитных излучений и создания ложных огней аналогичной интенсивности во всем спектре электромагнитных излучений. В этом случае допускается выключать внутреннее электроосвещение производственных помещений после окончания маскировки производственных огней, находящихся в них, но не позднее чем через 5 мин после подачи сигналов.

Городской транспорт, а также средства регулирования его движения в режиме частичного затемнения светомаскировке не подлежат. В режиме ложного освещения городской наземный транспорт должен останавливаться, его осветительные огни, а также средства регулирования движения должны выключаться.

Маскировка железнодорожного, воздушного, морского, автомобильного и речного транспорта должна производиться в соответствии с требованиями нормативных технических документов по маскировке (комплексной маскировке), разрабатываемых с учетом особенностей работы соответствующих видов транспорта и утверждаемых федеральными органами исполнительной власти по согласованию с Минобороны России.

Проведение маскировочных мероприятий должно включать в себя ряд организационных элементов:

определение перечня объектов и критических элементов на каждом из них;

выявление демаскирующих признаков на объектах и территориях;

разработка и согласование планов создания объектовых и территориальных защитных комплексов и технологических средств маскировки;

проведение технико-экономического обоснования комплекса маскировочных мероприятий в рамках решения задач гражданской обороны;

организация выполнения при проектировании и проведении инженерно-технических мероприятий гражданской обороны мероприятий по различным видам маскировки, определение их объема и содержания;

определение порядка, способа, норм, правил и сроков проведения мероприятий по комплексной маскировке населенных пунктов и объектов экономики;

выбор и обоснование использования маскировочных средств (имущество, техника, боеприпасы и изделия используемые для маскировки объектов: средства оптической маскировки, радиолокационной маскировки, светомаскировки, тепловой маскировки, звуковой маскировки, гидроакустической маскировки, дымовые средств, пиротехнические составы, средства для маскировочного окрашивания);

выработка рекомендаций по эффективному применению объектовых и территориальных защитных комплексов; аэрозольных завес, ложных целей (лазерных, тепловых, радиолокационных), радиоэлектронных помех, зеленых насаждений, маскировочных сетей и других маскировочных средств и способов маскировки.

Рассматриваемые мероприятия должны организовываться и проводиться на всей территории страны на федеральном, региональном, муниципальном уровнях и в организациях.

Световая маскировка населенных пунктов и объектов[100]

Современная авиация оснащается едиными системами обнаружения, поражения целей и управления. Для обнаружения цели используется радиолокационная, инфракрасная, лазерная техника, телевизионные и оптические приборы, работающие в комплексе, синхронно.

Обнаружение и распознавание тех или иных объектов производится путем выявления демаскирующих признаков, присущих тем или иным объектам (геометрические характеристики, тепловое излучение, характер деятельности объекта, месторасположение и другое).

Ослабление или устранение демаскирующих признаков объектов – основная задача маскировки. Ведение боевых действий в районе Персидского залива, в Югославии подтверждает эффективность мероприятий по световой маскировке.

На создание помех разведке противника, проводимой с использованием оптической, телевизионной аппаратуры или путем визуального наблюдения и направлена оптическая маскировка.

В число инженерно-технических мероприятий (приемов) оптической маскировки входят:

маскировочное окрашивание;

придание объектам маскирующих форм;

применение искусственных масок, макетов, ложных сооружений;

применение аэрозолей;

световая маскировка и так далее.

Таким образом, световая маскировка является одним из инженерно-технических приемов оптической маскировки.

Световая маскировка применялась еще в глубокой древности, когда маскировались костры в местах стоянки племен и воинских лагерях, при приближении противника, или наоборот зажигались дополнительные костры с целью демонстрации «мно-

[100] Тарабаев Ю.Н. Каф. 13 «Инженерной защиты населения и территорий»

гочисленности» войск. Создавались ложные световые объекты для дезориентации противника. Особенно широкое применение световая маскировка получила с появлением авиации. Так, в 1918 году с целью защиты г. Парижа от ночных налетов германской авиации в 15 км северо-западнее города, на сходной по очертаниям излучине р. Сена, протекающей через город, французы построили ложный город, в котором были соблюдены основные очертания, кварталы, площади и сооружения существующего города.

При приближении вражеских самолетов в г. Париже полностью выключалось освещение, его территория задымлялась. В ложном городе освещение включалось и имитировалось движение транспорта, затем постепенно свет отключался, создавая видимость запоздалой реакции на налет авиации, что позволяло противнику засечь «город» и сбросить бомбы на ложный объект.

Широко применялась световая маскировка в годы Второй мировой войны всеми воюющими государствами.

В нашей стране еще до Великой Отечественной войны были разработаны основные способы светомаскировки. Было налажено производство электроламп для глубоко излучающей аппаратуры, светонепроницаемой бумаги. В 1940 году в РККА было издано руководство по светомаскировке.

Опыт Великой Отечественной войны показал эффективность светомаскировки. Светомаскировка затрудняла действия авиации и снижала потери от бомбардировок городов и объектов в темное время суток.

Не потеряла своего значения световая маскировка и в настоящее время, что подтверждается опытом войны в Корее, Вьетнаме, Лаосе, Камбодже, на Ближнем Востоке. В этих войнах противник применял авиацию в основном в светлое время суток.

Во время первого налета на Багдад (1991 год) иракским солдатам пришлось расстреливать фонари освещения из автоматов, так как не было введено затемнение. Но, начиная со второго налета, затемнение проводилось по всем правилам.

В крупном городе при одновременной работе промышленных объектов создается сложный фон различных излучений (тепловых, радиолокационных и других), которые создают помехи для различных средств обнаружения, опознания и наведения, установленных на самолетах противника. Излучения возникают также и в результате жизнедеятельности самого города. В совокупности создается обстановка, требующая применения оптических приборов для обнаружения объектов-целей и наведения на них.

С целью совершенствования методов и способов световой маскировки населенных пунктов и объектов экономики в октябре 1974 года было проведено опытно-исследовательское учение по светомаскировке в городе Каунасе.

5 ноября 1975 года принято Постановление Совета Министров СССР, во исполнение которого в 1976 году введено дополнение главы СНиП II-10-74 «Инженерно-технические мероприятия ГО» в части светомаскировки населенных пунктов и объектов экономики, которое в 1990 году вошло в состав СНиП «Нормы проектирования ИТМ ГО», в 1978 году введена «Инструкция по световой маскировке населенных пунктов и объектов народного хозяйства» (СН-507-78), которая затем была заменена на СНиП 2.01.53-84 «Световая маскировка населенных пунктов и объектов народного хозяйства».

Учения по световой маскировке в городах Мариуполе (Жданове) – 1981 год, Набережных Челнах – 1984 год, Семипалатинске – 1986 год показали, что светомас-

кировочные мероприятия снижают эффективность действий тактической авиации в обнаружении и поражении отдельных объектов на территории этих городов.

Световая маскировка проводится с целью создания в темное время суток условий, затрудняющих обнаружение населенных пунктов и объектов экономики с воздуха путем визуального наблюдения или с помощью оптических приборов, рассчитанных на видимую область излучения (0,4…0,76 мкм, 10^{-6}м).

Освещенные окна зданий хорошо видны на расстоянии до 10 км.

Освещенный крупный промышленный объект виден на расстоянии до 40 километров.

Крупный административный центр виден на расстоянии более 80 километров.

При выполнении мероприятий по световой маскировке обнаружить объект труднее.

Основные требования к проведению светомаскировки:

световая маскировка должна проводиться в населенных пунктах и на объектах экономики, входящих в зону световой маскировки;

подготовительные мероприятия, обеспечивающие осуществление световой маскировки, должны проводиться заблаговременно;

в населенных пунктах и на объектах экономики, не входящих в зону световой маскировки, осуществляются, как правило, только организационные мероприятия по обеспечению отключения освещения и световой маскировки производственных огней при подаче сигнала «Воздушная опасность» («ВО») или «Воздушная тревога» («ВТ»).

На территории зон световой маскировки светомаскировочные мероприятия проводятся по двум режимам: частичного и полного затемнения.

Режим частичного затемнения вводится по решению правительства и, после его введения, является постоянным режимом освещения населенных пунктов и объектов экономики в темное время суток, кроме времени действия режима полного затемнения.

Цель режима – снизить общую освещенность, не нарушая производственной деятельности объектов экономики и транспорта, а также жизнедеятельности населенных пунктов, и создать условия для своевременного введения режима полного затемнения в установленные сроки.

Переход с обычного освещения на режим частичного затемнения должен проводиться за время не более 16 часов.

За этот срок должна быть завершена подготовка к световой маскировке населенных пунктов и объектов экономики, которые продолжают работу в военное время, и выполнены следующие мероприятия.

Отключаются:

осветительные приборы рекламного и витринного освещения;

установки архитектурной подсветки (при этом должна быть исключена возможность их местного включения).

Снижаются уровни освещенности:

городских и поселковых улиц, дорог, площадей, территорий парков, бульваров, детских, школьных, лечебно-оздоровительных учреждений и других объектов с нормируемыми значениями средней освещенности 4 лк[101] и выше, путем отключения до

[101] Люкс (единица освещенности) – освещенность поверхности площадью 1 $м^2$ при световом потоке падающего на неё излучения, равным 1 люмен (лм).

половины светильников (при этом не допускается отключение двух рядом расположенных светильников);

мест производства работ вне зданий, проходов, проездов и территории предприятий до уровней 0,2…0,5 лк;

жилых, общественных, производственных и вспомогательных зданий до уровней 0,5 лк для общего освещения и до 5 лк местного освещения.

Устанавливаются:

маскировочные устройства на световых проемах;

маскировочные приспособления на светильниках, знаках и транспортных средствах, предназначенных для работы в режиме полного затемнения.

В режиме частичного затемнения не подлежат световой маскировке:

производственные огни[102], за исключением тех, световая маскировка которых не может быть произведена за время перехода на режим полного затемнения;

световые знаки мирного времени (дорожно-транспортные, промышленных предприятий, различные указатели и т. д.);

наружные светильники, устанавливаемые над входами (въездами) в здания и сооружения;

габаритные огни светового ограждения высотных зданий и сооружений;

городской автомобильный транспорт, средства регулирования движения.

На территории населенных пунктов и объектов экономики для информации о защитных сооружениях, обозначения въездов на территории объектов, углов зданий, выходов и ориентиров для проходов, габаритов транспортных средств, применяют световые знаки.

Проведение светомаскировочных мероприятий осуществляется силами рабочих и служащих объектов экономики, личного состава служб ГО и всего трудоспособного населения.

В населенных пунктах и объектах экономики, не входящих в зону светомаскировки, организуется дежурство в темное время суток:

на пунктах отключения наружного и внутреннего освещения;

в ЖЭКах и домоуправлениях по контролю над отключением освещения в квартирах и помещениях общего пользования.

Для контроля над качеством выполненных мероприятий по световой маскировке привлекаются службы светомаскировки и инженерно-технический персонал объектов экономики.

Контролю подлежат:

уровни освещенности, создаваемые в режиме частичного и полного затемнения осветительными установками внутреннего, наружного освещения и производственными огнями;

Люмен (единица светового потока) – световой поток, испускаемый точечным источником в телесном угле один стерадиан (ср) при силе света одна кандела (кд).

Стерадиан – телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезанный из поверхности, площадь которой равна площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

Кандела (единица силы света) – сила света, испускаемая с площади 1/600000 $м^2$ сечения полного излучателя в перпендикулярном к этому сечению направлении при t °С излучателя, равной t °С затвердевающей платины (2042 К) при давлении 101325 Па.

[102] Производственные огни – это источник светового излучения, возникающего на предприятиях в процессе их технологической деятельности (огни, сопровождающие плавку, разливку и обработку металла; свечение отводимых дымов; огни факелов отходящих газов; огни сварки и т. п.).

надежность работы светомаскировочных приспособлений на светильниках, зашторивающих устройствах оконных проемов зданий и сооружений;

системы отключения рабочего освещения, а также включения маскировочного освещения;

надежность действия экранирующих устройств, технологических способов при маскировке производственных огней;

время выполнения светомаскировочных мероприятий при подаче сигнала «ВТ».

Контроль качества световой маскировки проводится в два этапа.

На первом этапе по мере выполнения светомаскировочных мероприятий осуществляется локальный контроль световой маскировки отдельных помещений, цехов, технологических процессов. В ходе локального контроля должно быть установлено, осталось ли световое излучение, выходящее в верхнюю полусферу и каковы его параметры.

На втором этапе, после получения положительных результатов локальной проверки, производится визуальная проверка качества световой маскировки населенного пункта или промышленного объекта с прилегающей к нему территорией в целом с борта самолета (вертолета) или с возвышенностей, находящихся на расстоянии не менее 4 км и высоте не менее 400 м от объекта наблюдения.

Режим полного затемнения вводится по сигналу «ВТ» и отменяется по сигналу «Отбой ВТ».

Цель режима – снизить уровни освещенности населенных пунктов и объектов экономики до величин, затрудняющих их обнаружение и распознание с воздуха в темное время суток.

Переход с режима частичного затемнения на режим полного затемнения должен осуществляться за время не более 3 минут.

В отдельных случаях при световой маскировке наружных производственных огней (факелов, горячего шлака, расплавленного металла) допускается, при необходимости, увеличение продолжительности перехода на режим полного затемнения, но не более чем до 10 минут.

В режиме полного затемнения:

Отключаются:

все наружное освещение;

внутреннее освещение в жилых зданиях, независимо от пребывания людей;

освещение в помещениях общественных, производственных и вспомогательных зданий, в которых не предусмотрено пребывание людей в темное время суток или прекращается работа по сигналу «ВТ»;

световые знаки мирного времени, осветительные и сигнальные огни транспорта.

Маскируется:

наружное освещение в местах проведения неотложных производственных, аварийно-технических и восстановительных работ, также на опасных участках путей эвакуации людей к защитным сооружениям и у входов в них;

внутреннее освещение зданий, сооружений или помещений, в которых продолжается работа при подаче сигнала «ВТ» или по условиям производства невозможно безаварийное отключение освещения;

огни транспорта, используемого после сигнала «ВТ»;

производственные огни промышленных предприятий.

Приводятся в действие световые знаки с источниками света малой мощности (рис. 9.1, 9.2).

Световой знак МБФ (малогабаритный брызгозащищенный фонарь со сменными цветными светофильтрами) в рабочем положении устанавливается на стойке или без нее (рис. 3.1). Дальность видимости знака в темную ночь до 300 метров, время непрерывного действия до 40 часов. Расстояние между знаками на местности устанавливается из условия видимости одновременно не менее трех смежных знаков.

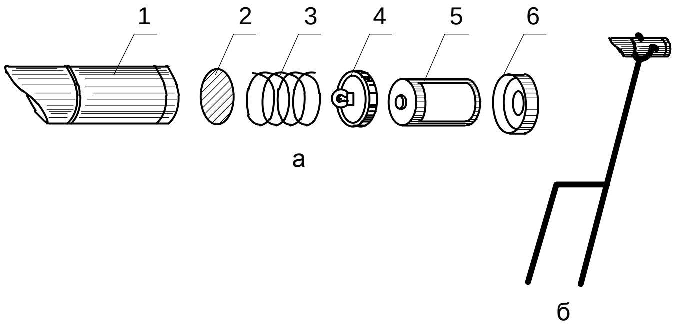


Рис. 9.1. Световой знак МБФ:
а – в разобранном виде; б – в рабочем положении (на стойке);
1 – корпус; 2 – светофильтр; 3 – пружина; 4 – отражатель с лампой;
5 – элемент питания; 6 – крышка

Световые указатели с электроподсветом действуют на принципе освещения условных обозначений и надписей рассеянным или отраженным светом. Корпус указателя рассеянного света (рис. 9.2а) изготавливают из жести или фанеры и окрашивают внутри белой краской. В верхней части корпуса укрепляют электрическую лампу. Обозначение (надпись) выполняют в виде трафарета, который укрепляют на передней стенке корпуса.

В указателе отраженного света (рис. 9.2б) панель с надписью или условным обозначением освещается электрической лампой, расположенной в осветителе, который изготавливают в виде коробки с отверстием и прикрепляют к панели держателем.

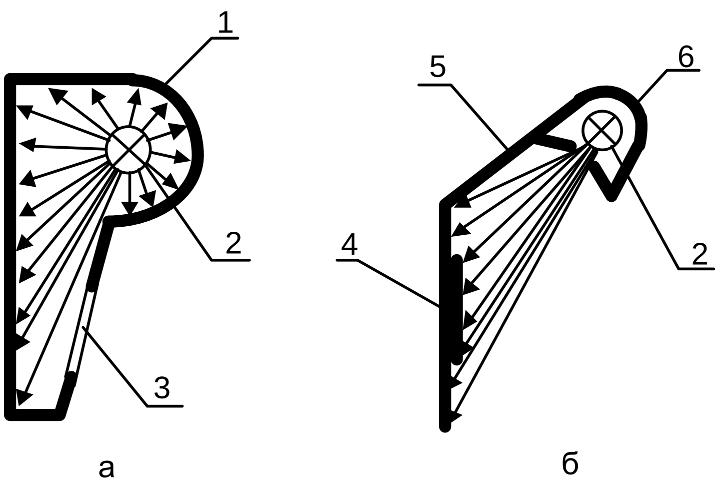


Рис. 9.2. Схемы устройства световых указателей:
а – рассеянного света; б – отраженного света;
1 – корпус; 2 – электрическая лампа; 3 – трафарет с обозначением;
4 – панель с обозначением; 5 – держатель осветителя; 6 – осветитель

Указатель рассеянного света более сложен в изготовлении, но обеспечивает более равномерную яркость условных обозначений и надписей в отличие от указателя отраженного света, где верхняя часть надписи всегда ярче, а нижняя темнее. Поэтому надписи указателей рассеянного света читаются легче и с больших расстояний.

Мощность ламп и размеры условных обозначений выбирают из условий возможности обнаружения указателей с 300…400 м и чтения надписей с 40…50 м.

После выполнения всех мероприятий осуществляется контроль над соблюдением светомаскировочной дисциплины.

Световую маскировку населенных пунктов и объектов экономики следует осуществлять электрическим, светотехническим и технологическим способами. Выбор способа или сочетание способов световой маскировки должен производиться в зависимости от характера деятельности населенного пункта или объекта.

Электрический способ маскировки заключается в централизованном отключении электроосвещения всего объекта или его части.

Применяется для отключения наружного освещения населенных пунктов и территории объектов экономики, а также внутреннего освещения зданий и сооружений, отключаемого в режиме полного затемнения.

Управление наружным освещением населенных пунктов предусматривается централизованным – телемеханическим или дистанционным способами.

Включение и отключение производится с пунктов управления освещением. Центральный диспетчерский пункт, при его отсутствии, диспетчерский пункт наружного освещения должен иметь прямую связь с пунктом управления МЧС России (района, города) и районным диспетчерским пунктом.

Управление наружным освещением территории предприятия необходимо проектировать централизованным.

Включение и отключение всех установок наружного освещения должно производиться из одного пункта централизованного управления.

С введением режимов затемнения в пункте управления освещением должно быть установлено дежурство (в темное время суток). На предприятиях, протяженность территории которых составляет несколько километров, допускается устройство главного и двух – трех дополнительных пунктов централизованного управления освещением отдельных участков. Главный пункт должен иметь прямую телефонную связь с пунктом управления предприятия и указанными дополнительными пунктами.

В систему централизованного управления наружным освещением предприятий рекомендуется включать управление наружным освещением близлежащих подведомственных поселков.

Отключение рабочего освещения зданий или отдельных помещений, где продолжается работа при включении маскировочного освещения и по сигналу «ВТ», осуществляется из пунктов центрального управления внутренним освещением.

Из этих пунктов допускается осуществлять управление освещением наружных осветительных установок, относящихся к данному зданию или сооружению. При введении режимов затемнения на этих пунктах обязательно наличие дежурного персонала.

Светотехнический способ маскировки заключается в снижении освещенности и в оборудовании осветительных и сигнальных установок маскировочными приспособлениями.

Он применяется для маскировки наружного и внутреннего освещения, не отключаемого в режиме полного затемнения.

Снижение освещенности достигается:

установкой ламп пониженной мощности;

использованием регуляторов напряжения;

заменой газоразрядных ламп высокого давления лампами накаливания и отключением зажигающих устройств;

установкой специальных светильников;

заменой защитных колпаков, рассеивателей и преломителей, применением светильников с маскировочными приспособлениями.

Применяемые в режиме полного затемнения светильники стационарного наружного маскировочного освещения должны иметь защитный угол не менее 15 ^{o}, создавать освещенность поверхности не более 0,2 лк и иметь жесткое крепление.

Защитный угол светильника определяется углом между горизонтальной плоскостью и линией, касательной к светящемуся телу лампы, проведенной через край отражателя.

Светоблокировочные устройства (рис. 9.3) в виде лабиринтов, исключающих возможность распространения прямого света наружу, применяются при затемнении проемов, когда необходимо сохранить возможность открывания дверей и вентиляции помещений. Вентиляционные отверстия сооружений перекрываются светомаскировочными насадками, снабженными жалюзи. Внутренние поверхности светоблокировочных устройств и насадок окрашиваются черной матовой краской.

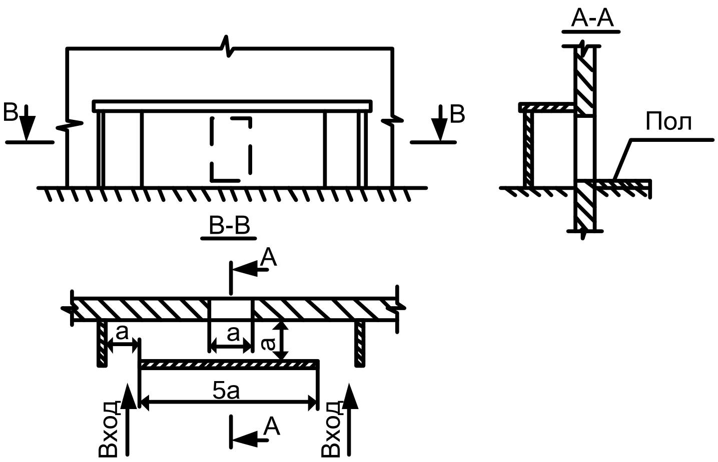


Рис. 9.3. Светоблокировочное устройство для маскировки входов

Входы в здания и другие стационарные сооружения в целях светомаскировки оборудуются тамбурами, в которых свет автоматически выключается при открывании наружной двери.

Установки местного внутреннего освещения должны создавать освещенность не более 5 лк, площадь светового пятна, создаваемого светильником, не должна превышать 1 м^2.

Механический способ маскировки состоит в закрытии светящихся объектов светонепроницаемыми материалами или конструкциями.

Он применяется для производственных и общественных зданий или отдельных помещений, в которых для продолжения работы в режиме полного затемнения тре-

буются уровни освещенности более 0,5 лк для общего маскировочного освещения и более 5 лк для местного или имеющего производственные огни. Для световой маскировки окон применяются раздвижные и подъемные шторы из полимерных материалов, бумажные и металлические шторы с механическими затворами. На проемах, используемых для проветривания, могут применяться жалюзи различного типа или аэрационные устройства, выполненные по принципу лабиринта. В производственных зданиях и сооружениях для световой маскировки ворот, используемых для проезда транспорта, устраивают тамбуры внутри или снаружи зданий.

Затемняющие устройства для сооружений с интенсивными производственными огнями (дуговая сварка и др.) изготавливаются из листового металла или пиломатериалов.

В сооружениях с искусственным освещением светомаскировочные устройства помимо указанных материалов могут изготавливаться из черного миткаля, байки, а также из фанеры, брезента, картона или оберточной бумаги, окрашенных сажей, алюминиевой пудрой, мелом или глиной на битумных лаках.

В сооружениях с люминесцентным освещением помимо перечисленных материалов затемняющие устройства могут изготавливаться из упаковочной черной бумаги.

Ставни для светомаскировки больших оконных проемов изготавливаются из досок и фанеры; они могут быть одно- или двустворчатыми и навешиваться на петлях. Ставни устанавливаются внутри помещений так, чтобы они перекрывали оконные проемы на 5 см в каждую сторону.

Шторы для затемнения оконных проемов изготавливаются из бумаги или ткани. Бумажные шторы делаются рулонными, опускающимися сверху вниз. Опущенная штора должна заходить за световой проем на 15…20 см и плотно прилегать к стене.

Матерчатые шторы могут быть рулонными или раздвижными. Неподвижные края раздвижных штор прижимаются к стене планками. В закрытом положении шторы должны заходить одна за другую на 15…20 см.

Технологический способ маскировки заключается в проведении мероприятий, в результате которых световое излучение не возникает или снижается до уровней, позволяющих его световую маскировку осуществлять механическим способом.

Он применяется для световой маскировки производственных огней путем:

выключения или перевода на поддерживающий режим работы технологических агрегатов;

изменения технологического процесса работы оборудования;

применения прогрессивных технологических установок для утилизации тепла, отходящих газов и т. д.;

местного экранирования светового излучения (установки крышек на ковши, горловины печей и конверторов).

В каждом конкретном случае световая маскировка производственных огней осуществляется в соответствии с требованиями ведомственных инструкций по световой маскировке.

Оптимальный выбор способов по световой маскировке и своевременное выполнение мероприятий частичного и полного затемнения обеспечивается проведением организационно-технических мероприятий, проводимых в мирное время.

Организационно-технические мероприятия световой маскировки

В целях создания благоприятных условий для введения режимов световой маскировки в населенных пунктах и на объектах экономики, расположенных в зоне свето-

маскировки, заблаговременно проводятся необходимые организационно-технические мероприятия, а также разрабатываются планы световой маскировки населенных пунктов и объектов экономики, расположенных в зоне световой маскировки.

Проведение организационно-технических мероприятий и разработка планов светомаскировки осуществляется на основе единого инженерно-технического решения. Принятию инженерно-технического решения по световой маскировке предшествует анализ условий деятельности населенного пункта или объектов экономики при введении режимов частичного или полного затемнения, систем их энергоснабжения и систем управления осветительными сетями.

Инженерно-техническое решение на светомаскировку объектов экономики вырабатывается только для объектов, продолжающих работу в военное время и на которых, хотя бы в отдельных цехах или подразделениях, сохраняется деятельность в темное время суток после сигнала «ВТ».

Все объекты, не работающие в темное время суток, или объекты, отключение которых от электроснабжения не вызывает аварийных последствий, подлежат централизованному отключению, а инженерно-технические решения по световой маскировке не осуществляются.

Единое инженерно-техническое решение по световой маскировке должно включать вопросы:

электроснабжения, управления электроосвещением и обеспечения жизнедеятельности населенных пунктов и объектов экономики в условиях затемнения;

порядка разработки средств и способов световой маскировки производственных огней;

своевременного введения режимов световой маскировки и осуществление контроля над их соблюдением;

обеспечения безопасности населения и обслуживающего персонала, охраны и поддержания порядка на объектах;

обеспечения эффективности световой маскировки при минимальных затратах сил и средств на ее проведение.

Организационно-технические мероприятия, выполняемые в мирное время на основе единого инженерно-технического решения, включают:

определение способов световой маскировки объектов и помещений;

выявление объектов, освещение которых должно отключаться в режиме частичного затемнения, мест на территории населенных пунктов и объектов, где необходимо маскировочное освещение в режиме полного затемнения;

выявление помещений, в которых отключается освещение в режиме полного затемнения, а также световая маскировка которых производится механическим способом (закрытие световых проемов, устройство тамбуров);

определение мощности, типов и мест установки светильников общего и местного маскировочного освещения, и световых знаков;

реконструкцию систем электроосвещения, электроснабжения, оборудование пунктов централизованного управления освещением и проверку в действии технических средств по отключению общего и включению маскировочного освещения;

изготовление устройств для световой маскировки световых проемов и тамбуров, создание запасов светомаскировочного материала и оборудования.

К числу организационных мероприятий относятся:

подготовка дежурного персонала диспетчерских пунктов к управлению энергосистемами при быстром сбросе электрических нагрузок по сигналу «ВТ»;

разработка и доведение до сведения персонала должностных инструкций и графиков выполнения плана светомаскировочных мероприятий;

обучение и тренировка персонала по осуществлению частичного и полного затемнения;

обучение водителей городского транспорта действиям по сигналу «ВТ» и другое.

Светомаскировочные мероприятия в полном объеме должны отражаться в разделах ИТМ ГО, которые разрабатываются в составе:

проектов и схем районной планировки;

генеральных планов реконструкции и развития существующих и строительства новых городов и объектов;

проектов детальной планировки, проектов застройки жилых и промышленных районов, городов и поселков, расположенных в зонах светомаскировки с режимами частичного и полного затемнения.

Решением руководителя ГО области, края (города, района) создается служба световой маскировки ГО, в ряде случаев может создаваться объединенная служба энергетики и светомаскировки.

В состав службы должны включаться представители энергообъединений, энергосистем, а также других организаций (предприятий, отделов) по эксплуатации осветительных электросетей.

На службу возлагается организация и руководство разработкой единого инженерно-технического решения, планирование и выполнение светомаскировочных мероприятий, разработка плана световой маскировки населенных пунктов и объектов на военное время.

План световой маскировки должен включать:

перечень организаций, учреждений и объектов, продолжающих работу в режиме полного затемнения, со сведениями о потребляемой мощности электроприемников в этом режиме;

принципиальную схему электроснабжения населенного пункта (объекта) на военное время с указанием пункта управления освещением;

перечень мероприятий (работ), их объемы, выделяемые силы и средства, сроки выполнения, необходимые для введения режимов светомаскировки и проведения эффективного контроля над их соблюдением.

Под руководством служб также проводятся необходимые организационно-технические мероприятия.

В ходе проверок, командно-штабных учений и комплексных учений на объектах экономики проверяются в действии технические средства по маскировке производственных огней, отключению освещения, включению маскировочного освещения и т. д.

Качественное проведение организационно-технических мероприятий в мирное время обеспечивает выполнение планов световой маскировки на военное время. При угрозе нападения противника должны выполняться мероприятия по введению режима частичного затемнения. По сигналу «ВТ» выполняются мероприятия по введению режима полного затемнения и контроль над соблюдением режимов световой маскировки.

Таким образом, рассмотренные организационные и инженерно-технические мероприятия по световой маскировке являются составной частью общих мероприятий ГО. Их выполнение будет способствовать повышению защиты населения и устойчивости работы объектов экономики в военное время.

Проводимые мероприятия по световой маскировке также достаточно хорошо согласуются с хозяйственными интересами мирного времени, способствуют техническому совершенствованию и улучшению технологических процессов различных производств, значительной экономии электроэнергии, повышению техники безопасности на производствах, улучшению эксплуатации электросетей.

Мероприятия по световой маскировке проводятся, как правило, заблаговременно. Эффективность этих мероприятий будет зависеть от подготовленности органов управления МЧС РФ и взаимодействующих служб к введению режима светомаскировки.

9.11. Топогеодезическое обеспечение[103]

Общие задачи и средства топогеодезического обеспечения

ТГО – вид специального обеспечения сил ГО РФ и представляет собой комплекс мероприятий, а также организационная и практическая деятельность органов управления, подразделений и формирований по созданию запасов различной топогеодезической информации; обеспечения ими штабов и управлений для изучения и оценки местности при принятии решений, планировании и ведении АСДНР, организации управления и взаимодействия, а также для эффективного применения систем и комплексов вооружения и специальной (спасательной) техники.

Основными задачами по ТГО формирований ГО РФ являются: получение исходных материалов (космосъёмочных, радиолокационных по результатам дистанционного зондирования Земли, аэрофотосъёмочных и др.); создание запасов топографических, цифровых и электронных карт; создание пространственных моделей местности и трёхмерных моделей потенциально опасных объектов с массовым пребыванием людей; изготовление специальных карт, фотодокументов и других средств топогеодезической информации; обеспечение средствами подготовки топогеодезической информации.

Особая роль при организации ТГО принадлежит топографической разведке. Являясь составной частью тактической разведки, она представляет собой мероприятия по сбору и обработке данных, необходимых для решения задач топогеодезического обеспечения при решении задач поставленных подразделениям (формированиям) ГО. Топографическая разведка проводится в целях: выявления данных об изменениях местности; определения и уточнения дополнительных данных о местности, и в первую очередь об условиях проходимости, защиты от ОМП, ориентирования, наблюдения, маскировки, ведения огня и инженерного оборудования местности. Задачей топографической разведки является также установление особенностей местности в связи с ее сезонными изменениями и изменениями в результате опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении ЧС природного и техногенного характера.

[103] Шаманский С.И. Каф. 21 «Тактики и общевоенных дисциплин»

К основным средствам топогеодезической информации относятся: топографические карты и планы городов; цифровые карты и цифровые модели местности, электронные карты; специальные карты; фотодокументы местности и др.

Важнейшими требованиями к средствам топогеодезической информации являются точность, достоверность, новизна и своевременность доведения их формирований ГО. Эти данные доводятся до сил ГО в виде топографических, электронных и специальных карт, каталогов координат геодезических пунктов и в другом виде. Они изменяются и, как правило, возрастают с поступлением в подразделения и формирования новых видов вооружения и специальной техники с возросшими возможностями. Так, с появлением ядерного оружия, а также с увеличением количества техногенных аварий, резко повысились требования к использованию силами ГО защитных свойств местности.

В современных условиях ТГО включает: создание, периодическое обновление и доведение до сил ГО топографических и электронных карт; обеспечение формирований исходными астрономо-геодезическими и гравиметрическими данными; топогеодезическую привязку; обеспечение специальными картами и фотодокументами; ведение топографической разведки.

Одним из важнейших требований к ТГО является его своевременность. Топогеодезическими данными силы ГО должны обеспечиваться заблаговременно или с постановкой им задач по ликвидации ЧС.

Главной задачей ТГО является обеспечение сил ГО топографическими и электронными картами. Они предназначаются для изучения местности и оценки ее тактических свойств при планировании АСДНР (боевых действий), организации взаимодействия и управлении подразделениями и формированиями, при ориентировании на местности и целеуказании, для определения координат объектов (целей), измерений и расчетов при инженерном оборудовании местности, моделирования аварийной ситуации в зоне ЧС.

Доведение карт до командиров формирований осуществляется, как правило, до постановки им задач или, как исключение, одновременно с получением приказа (распоряжения). При этом каждый командир обеспечивается топографическими картами тех масштабов, которые наилучшим образом способствуют успешному выполнению поставленных задач. Вышестоящие командиры формирований ГО кроме предназначенных им карт обеспечиваются также картами тех масштабов, которые положены подчиненным им командирам и штабам. Это необходимо для более надежного и согласованного управления подразделениями и формированиями.

Средства топогеодезической информации

Топографические карты - основные средства топогеодезической информации, используемые для изучения и оценки местности, принятия решения, планировании применения сил и средств ГО, организации управления и взаимодействия при подготовке и в ходе ведения АСДНР. Топографические карты используются также для организации инженерного оборудования местности, определения координат объектов и целей, ориентирования на местности и решения других задач.

Планы городов – содержат детальную информацию о застройке крупных и наиболее важных населённых пунктов и прилегающей к ним местности. Они могут использоваться при планировании и организации ГО в населённых пунктах, для управления подразделениями (формированиями) ГО, ориентирования и целеуказания. Планы городов изготавливаются в масштабах 1:10 000 и 1:25 000.

Цифровая модель местности – картографическая модель участка земной поверхности, представленная в виде цифровой картографической информации.

Цифровые карты – подразделяются на обзорные цифровые карты местности, цифровые карты повышенной точности и представляют собой цифровую модель земной поверхности, сформированную с учётом законов картографической генерализации в принятых для карт проекциях, разграфке, системе координат и высот.

Цифровая топографическая карта – цифровая карта по назначению, содержанию и точности, соответствующая топографической карте определённого масштаба.

Цифровые фотодокументы – подразделяются на электронные фотокарты, цифровые фотопланы и ортофотопланы. Они изготавливаются по материалам космической и аэрофотосъёмки на отдельные участки местности и предназначаются для получения наиболее актуальной и достоверной информации о местности в автоматизированных системах управления. Электронные фотокарты и цифровые фотопланы создаются в произвольной разграфке, цифровые ортофотопланы создаются в системе разграфки топографических карт.

Цифровые модели местности – подразделяются на цифровые модели местности районов целей, матрицы плановых изображений и пространственные модели местности. Пространственные модели могут изготавливаться на районы ведения ГО и использоваться в автоматизированных системах управления. Цифровые модели местности создаются в произвольной разграфке.

В современных условиях ведения ГО в целях ориентирования и изучения основных характеристик местности всё большее значение приобретают электронные карты. Для анализа складывающейся обстановки и подготовки управленческих решений в области ГО используются геоинформационные системы, космические системы навигации и мониторинга земной поверхности, позволяющие в реальном режиме времени осуществлять математическое моделирование местности и происходящих на ней военных действий и ЧС, повышая тем самым оперативность принятия решений.

Технология *географических информационных систем* изначально имела интеграционный аспект. Иногда говорят, что ГИС — это карты плюс базы данных. То есть, ГИС интегрируют пространственную, геометрическую информацию и описательную, числовую.

ГИС – автоматизированная система, предназначенная для сбора, хранения, обработки, анализа, моделирования и отображения данных, решения информационных и расчётных задач с использованием цифровой картографической, аналоговой и текстовой информации о Земле для ведения ГО.

ГИС предназначена для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах. Термин также используется в более узком смысле — ГИС как инструмент (программный продукт), позволяющий пользователям искать, анализировать и редактировать цифровые карты, а также дополнительную информацию об объектах, например высоту здания, адрес, количество жильцов.

ГИС хранит информацию о реальном мире в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе географического положения. Этот простой, но очень гибкий подход доказал свою ценность при решении разнообразных реальных задач при ведении ГО: для отслеживания передвижения транспортных средств и материа-

лов, детального отображения реальной обстановки вследствие военных действий и планируемых мероприятий ГО, прогнозирование, моделирование и развитие ситуации в зоне ЧС.

Данные в ГИС описывают реальные объекты, такие как дороги, здания, водоемы, лесные массивы. Реальные объекты можно разделить на две абстрактные категории: дискретные (дома, территориальные зоны) и непрерывные (рельеф, уровень осадков, среднегодовая температура). Для представления этих двух категорий объектов используются векторные и растровые данные.

Использование геоинформационных технологий в национальном центре управления в кризисных ситуациях

Первый опыт применения ГИС в МЧС России был приобретен при анализе ЧС за 1993 - 1994 гг. и сравнении количества ЧС по видам (техногенные, природные, биолого-социальные), числа пострадавших и погибших в этих ЧС по областям и регионам России. С этого времени ГИС начали применяться и при организации ГО РФ.

В Национальном центре управления в кризисных ситуациях МЧС России используются зарубежные программы наравне с отечественными разработками. Так одним из наиболее важных элементов ГИС стало применение программного продукта ARK\INFO, разработанного в США. Они применяются при анализе ЧС, а также для представления необходимых данных на электронной карте, в виде диаграмм, графиков и таблиц.

Прогноз последствий ведения военных действий, ЧС и степени потенциальной опасности должен учитывать множество факторов: количество и плотность населения; количество потенциально опасных объектов, развитость инфраструктуры дорожной сети; наличие сил и средств ГО для ликвидации ЧС и многое другое. Вся эта информация должна быть систематизирована, наглядно представлена и доступна для анализа.

На основе программного обеспечения ArcInfo и ArcView создана ГИС мониторинга ЧС для территории РФ, разработан удобный для специалистов интерфейс, что привело к качественному скачку в анализе ЧС.

Основные функциональные задачи ГИС мониторинга ЧС:

прием и обработка данных по ЧС, поступающих из региональных центров;

накопление архивных данных по ЧС;

отражение полученных данных в виде картографических покрытий для анализа оперативной информации;

подготовка данных анализа в проект управленческих решений.

В соответствии с задачами, в состав ГИС для ведения ГО включена картографическая и атрибутивная информация.

Картографическая информация состоит из цифровых карт:

территория РФ масштаба 1:1 000 000;

территории регионов РФ масштаба 1:200 000.

Атрибутивная информация включает в себя:

данные по административным территориям;

демографические данные по населению;

общие данные по регионам;

данные по ЧС;

данные по силам и средствам реагирования;

другие данные, необходимые для решения конкретных задач.

Перспективы применения геоинформационных технологий для решения задач ведения ГО.

Многолетний опыт эксплуатации ГИС в рамках РСЧС в мирное время позволил оценить их возможности при ведении ГО в военное время

На первых этапах работы специалистам казалось, что все проблемы сводятся к выбору программных средств. Когда выбор был сделан, стало ясно, что не хватает исходных данных. Для хорошего проекта необходима качественная картографическая и специальная цифровая информация.

Решение этой проблемы во многом зависит от качества подготовки специалистов, с одной стороны, глубоко разбирающихся в проблемах предупреждения и действий в ЧС, с другой — хорошо знающих теорию и практику ГИС.

Развитие ГИС происходит по мере накопления информации, повышения ее качества, вместе с совершенствованием средств вычислительной техники и средств коммуникации, средств и методов дистанционного, поверхностного и глубинного зондирования земной поверхности.

Немаловажное значение в развитии ГИС для применения в военное время имеет последовательная реализация наиболее удачных математических моделей природных и техногенных ЧС в мирное время, так называемых ГИС-приложений.

Ближайшая перспектива развития ГИС для ведения ГО связывается с использованием современных компьютерных сетей, связанных со спутниковыми цифровыми системами дистанционного зондирования, спутниковыми системами навигации (GPS <NAVSTAR> и «ГЛОНАСС»), возможностью использования беспилотных летательных аппаратов для проведения регулярного мониторинга состояния рек, технологических объектов, транспортной инфраструктуры – автомобильных и железных дорог, аэропортов, трубопроводов различного назначения, местоположения несанкционированных свалок и т. д. В настоящее время мониторинг осуществляют 10 спутников, а до 2020 года сигнал планируется принимать с 24 космических аппаратов с оперативностью снимков 1 – 2 часа. Разрешение полученных из космоса фотографий составит до 0.8 метра.

Рассматриваемые сети могут обеспечить оперативный сбор, обновление и хранение данных о ведении ГО, о ЧС, возникающих вследствие военных действий, непосредственно на местах. Базы данных, распределенные на удаленных компьютерах, должны быть доступны из любого центра. Тогда на любых периферийных станциях можно будет получить результаты анализа и оперативные данные мониторинга, относящихся к конкретному ТВД, конкретному виду ЧС, а, следовательно, получить информацию, необходимую для поддержки принятия решений направленных на предупреждение и ликвидацию ЧС военного характера, защиту населения и территорий от данных ЧС.

9.12. Финансовое обеспечение[104]

Общие положения по финансированию мероприятий ГО

Основными понятиями в области финансирования мероприятий ГО являются:

государственные заказчики по поставкам продукции (работ, услуг), для государственных нужд (далее - государственные заказчики) - федеральные органы исполнительной власти и организации, находящиеся в ведении этих органов;

[104] Мошкин А.С. Каф. 41 «Экономики, финансов и менеджмента»

заказчики по поставкам продукции (работ, услуг) для нужд в области гражданской обороны (далее – заказчики (потребители) - органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и организации, не находящиеся в ведении федеральных органов исполнительной власти;

поставщики продукции (работ, услуг) – организации (предприятия), находящиеся в ведении органов исполнительной власти Российской Федерации и иные организации, расположенные на территории субъекта Российской Федерации (далее – поставщик);

собственник – юридическое лицо, обладающее правом собственности, выступающее в роли владельца, распорядителя, пользователя объекта собственности;

потребитель – физическое лицо, имеющее намерение заказать или приобрести либо заказывающее, приобретающее или использующее продукцию (работы, услуги).

Государственным заказчиком по выполнению мероприятий по гражданской обороне является МЧС России.

МЧС России осуществляет следующие функции государственного заказчика:

разработка перечня научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в интересах гражданской обороны;

разработка перечня имущества, оборудования и специальной техники, закупаемых в интересах гражданской обороны (средства защиты органов дыхания, аппаратура связи и централизованного оповещения гражданской обороны, метрологическая техника);

создание страхового фонда аварийных комплектов документации на объекты повышенного риска и объекты жизнеобеспечения населения.

Задачи планирования и финансирования мероприятий по гражданской обороне заключаются:

в правильном определении потребности в денежных средствах (в пределах установленных норм) для обеспечения готовности федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, учреждений, предприятий и организаций к выполнению мероприятий гражданской обороны и защите от ЧС, выполнения планов оперативной и боевой подготовки личного состава НАСФ, содержания специальной техники и имущества гражданской обороны и РСЧС;

в своевременном истребовании денежных средств от довольствующего финансового органа;

в обеспечении планового, хозяйственно-целесообразного и экономного использования полученных денежных средств.

Финансирование мероприятий гражданской обороны и защиты от ЧС осуществляется за счет ассигнований в основном из федерального бюджета, а также бюджетов субъектов Российской Федерации, местных органов самоуправления, предприятий, учреждений и организаций, независимо от форм собственности.

Ответственность за организацию финансирования мероприятий по гражданской обороне возлагается на соответствующие федеральные органы исполнительной власти Российской Федерации, а также органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и руководство организаций.

Финансированию за счет ассигнований из федерального бюджета подлежат мероприятия, являющиеся определяющими для функционирования системы гражданской обороны и РСЧС и имеющие общегосударственное значение, включенные в

проект прогноза социально-экономического развития страны, которые проводятся (выполняются) федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации и по их поручению органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Финансирование на подготовку и проведение мероприятий гражданской обороны:

бюджетных организаций осуществляется из федерального бюджета с отражением в смете расходов этих организаций;

организаций независимо от организационно-правовых форм собственности осуществляется из собственных средств этих организаций путем отнесения указанных расходов на себестоимость продукции (работ, услуг).

Расходы на содержание систем оповещения запасных пунктов управления, защитных сооружений гражданской обороны, узлов связи, объектовых систем централизованного оповещения и на другие мероприятия, проводимые предприятиями, учреждениями и организациями, независимо от их организационно-правовых форм собственности, в целях обеспечения защиты своих работников, относятся на себестоимость продукции (работ, услуг), а бюджетными предприятиями, учреждениями и организациями включаются в общую смету расходов на их содержание.

Расходы, связанные с мобилизационной подготовкой по мероприятиям гражданской обороны и вводом в действие планов гражданской обороны, предусматриваются в сметах отраслевых и территориальных органов управления, а также в планах предприятий, учреждений и организаций, независимо от организационно-правовых форм собственности.

Капитальный ремонт защитных сооружений и прочих сооружений гражданской обороны, а также средств связи, оповещения и специального оборудования гражданской обороны федерального, регионального, территориального и местного значения осуществляется за счет общих ассигнований, выделяемых на капитальный ремонт из бюджетов, соответствующих уровней.

Капитальный ремонт указанных объектов, содержащихся предприятиями, учреждениями и организациями, осуществляется за счет средств амортизационного фонда, создаваемого предприятием, учреждением, организацией по этим объектам.

Оплата расходов организаций, привлекаемых к выполнению мероприятий по гражданской обороне и защите от ЧС, осуществляется за счет органа, принявшего решение об их привлечении.

Финансовое планирование, порядок истребования и использования денежных средств на мероприятия по гражданской обороне

Планирование и распределение финансовых средств, выделяемых из федерального бюджета на подготовку и проведение мероприятий гражданской обороны и защиты от ЧС осуществляет Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), Министерство экономического развития и торговли Российской Федерации (Минэкономразвития России) и Министерство финансов Российской Федерации (Минфин России), а также федеральные органы исполнительной власти Российской Федерации и органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Основными документами для финансового планирования и использования денежных средств являются:

годовая смета-заявка;

уведомление о бюджетных ассигнованиях или лимитах бюджетных обязательств федерального бюджета;

утвержденная смета доходов и расходов;

требования на отпуск денежных средств;

расчеты на потребные денежные средства по сметным подразделениям.

Основанием для составления годовой сметы-заявки в организациях служат:

приказы и директивы Министра МЧС России, приказы руководящего состава;

численность НАСФ, их штаты (штатные расписания) и табели к ним;

нормы отпуска денежных средств и нормы материального снабжения;

планы оперативной и боевой подготовки личного состава, хозяйственной, материально-имущественной, учебной и производственной деятельности невоенизированных формирований, учреждений, организаций и объектов ГО и РСЧС;

данные о фактических расходах денежных средств в текущем бюджетном году и об обеспеченности формирований, учреждений и организаций имуществом, оборудованием и материалами.

В сметных расчетах должно быть предусмотрено полное обеспечение денежными средствами всех мероприятий гражданской обороны, проводимых в этих организациях.

Ответственность за правильное и своевременное составление расчетов несут начальники соответствующих служб.

Годовая смета-заявка составляется учреждениями и организациями гражданской обороны на все денежные средства, отпускаемые по смете гражданской обороны Российской Федерации.

Суммы, заявленные на подготовку и проведение мероприятий по гражданской обороне, учреждениями и организациями гражданской обороны включаются в годовую смету-заявку.

Соответствующие финансовые органы проверяют расчеты, докладывают начальникам гражданской обороны и по их указаниям составляют годовые сметы-заявки на предстоящий год с приложением объяснительной записки с обоснованием испрашиваемых сумм по статьям сметы гражданской обороны Российской Федерации.

Финансовые отделы органов уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны субъекта Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации рассматривают поступившие сметы-заявки, определяют суммы денежных средств, подлежащих назначению на планируемый год, и включают эти суммы в проекты годового финансового плана учреждений и организаций гражданской обороны.

Федеральные органы исполнительной власти Российской Федерации, а также органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации разрабатывают и представляют в установленном порядке Планы основных мероприятий по гражданской обороне и защите от ЧС и заявки на возмещение расходов на мероприятия по гражданской обороне Российской Федерации в Минэкономразвития России, Минфин России по согласованию с МЧС России.

Бюджетные организации и организации независимо от организационно-правовых форм собственности с приложением объяснительной записки и технико-экономическим обоснованием по проводимым мероприятиям представляют в установленном порядке сметы расходов этих организаций, в том числе по мероприятиям

по гражданской обороне и защите от ЧС, в соответствующие органы местного самоуправления.

Минэкономразвития России совместно с Минфином России и МЧС России формируют проект бюджетной заявки, в том числе на подготовку и проведение мероприятий гражданской обороны в соответствующем финансовом году.

Федеральные органы исполнительной власти производят уточнение расчетов по объемам закупок и поставок продукции, необходимой для проведение инженерно-технических мероприятий гражданской обороны для федеральных государственных нужд, уточняют проект бюджетной заявки, обеспечивая при этом согласованность и комплексность решения задач гражданской обороны, при необходимости проводят согласование с региональными органами государственного управления, а также органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

На основании этих заявок и в соответствии с установленными заданиями в области гражданской обороны Минэкономразвития России формирует проект государственного оборонного заказа в части, касающейся мероприятий гражданской обороны, и сводную заявку в Минфин России для формирования проекта федерального бюджета на соответствующий год.

Размещение оборонного заказа проводится на конкурсной основе, за исключением работ по поддержанию мобилизационных мощностей. В случае, если претенденты на участие в конкурсе на размещение оборонного заказа отсутствуют, а также в случае, если по результатам проведения указанного конкурса не определен головной исполнитель (исполнитель), оборонный заказ обязателен для принятия государственными унитарными предприятиями, а также иными организациями, занимающими доминирующее положение на товарном рынке или обладающими монополией на производство продукции (работ, услуг) по оборонному заказу, при условии, что оборонный заказ обеспечивает установленный Правительством Российской Федерации уровень рентабельности производства этих видов продукции (работ, услуг).

Финансовые условия исполнения государственного контракта содержат смету, регламентирующую состав и объем прямых и косвенных расходов, общие издержки производства по государственному контракту, согласованную цену, норму прибыли и конечные размеры возмещения финансовых потерь в зависимости от фактически складывающихся условий выполнения контракта. В случае сложности и долгосрочности заказа на закупку и поставку продукции (работ, услуг) для федеральных государственных нужд в государственном контракте предусматриваются условия пересмотра цен или отдельных ее элементов с учетом возможных изменений конъюнктуры рынка (цен на сырье, материалы, другие ресурсы, приобретаемые для выполнения государственного контракта на рынке, а также порядок распределения убытков (прибылей) между сторонами, возникающих по независимым от договаривающихся сторон причинам (стихийные бедствия, коммерческий или научно-технический риск и др.).

Государственные заказчики по мероприятиям гражданской обороны и защиты от ЧС направляют бюджетные средства предприятиям, учреждениям и организациям-исполнителям мероприятий, несут ответственность за их целевое использование и представляют в установленном порядке в Минфин России отчеты о фактическом использовании этих средств.

Утвержденные сметы-заявки (вторые экземпляры) высылаются нижестоящим организациям с утвержденными годовыми назначениями денежных средств на планируемый год по каждой статье сметы гражданской обороны Российской Федерации.

Расчеты хранятся при годовой смете-заявки и служат для руководства при ее исполнении, а также для контроля за расходованием средств.

Средства по смете гражданской обороны и защиты от ЧС только в течении того бюджетного года, в котором они отпущены; все остатки бюджетных средств, образовавшиеся к концу года, сдаются на восстановление кредитов довольствующему финансовому органу в установленные сроки.

Если по каким-либо особым причинам остатки бюджетных средств по окончании бюджетного года не могут быть возвращены довольствующему финансовому органу на восстановление кредитов, они не позднее января следующего года сдаются в доход федерального бюджета; расходование этих сумм в новом бюджетном году запрещается.

Запрещается также перечисление в конце года учреждениям, предприятиям и организациям денежных средств за имущество и услуги, которые фактически будут получены в новом году, кроме случаев, предусмотренных законом.

Денежные средства должны расходоваться по прямому назначению, в соответствии с утвержденными сметами и планами, и только на надобности, предусмотренные:

для средств по смете МЧС России - Перечнем расходов на мероприятия по гражданской обороне Российской Федерации;

для средств бюджета субъекта Российской Федерации и местного бюджета – утвержденной установленным порядком сметой расходов.

Финансовые органы органов государственной власти Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти, субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления проверяют целевое использование денежных средств, выделяемых из соответствующих бюджетов на мероприятия гражданской обороны.

Средства местного бюджета истребуются муниципальными (районными, городскими) органами, уполномоченными на решение задач в области гражданской обороны, по годовой смете. Об исполнении сметы расходов по местному бюджету эти муниципальные (районные, городские) органы ежеквартально, не позднее 10 числа следующего за отчетным кварталом месяца представляют отчет финансовому органу, от которого средства поступили.

Для реализации государственных контрактов предприятия-поставщики (учреждения, организации) обеспечиваются необходимыми финансовыми ресурсами (бюджетными ассигнованиями).

Договора (контракты) на проведение работ (услуг, производство продукции, передачу, поставки, закупки имущества, других материальных средств) с организациями - производителями или собственниками этих средств, заключаются на сроки и в объемах, согласованных договаривающимися сторонами в письменной форме, с государственной регистрацией договоров аренды недвижимого или иного имущества.

Приемка работ (услуг, произведенной продукции, закупленных материальных средств или другого имущества) представителями заказчиков (потребителей) производится в соответствии с ранее заключенными договорами (контрактами) с участием представителей органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций по актам сдачи-приемки (передаточным актам) с приложениями, составляемым в трех экземплярах.

Выполнение незавершенных к моменту передачи работ по услугам, производству и поставкам продукции, по их подготовке к использованию по прямому предна-

значению, отмеченные в актах сдачи-приемки, осуществляется силами организаций - исполнителей работ, поставщиков имущества за счет средств, предусмотренных на эти цели в договорах (контрактах), а завершение подготовки материальных средств (работ, услуг) в случае необходимости организуется и осуществляется силами субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций за счет средств последних.

Органы исполнительной власти утверждают заключения и принимают решения о составе и учете затрат на проведенные работы (услуги, произведенную продукцию, передаваемые, поставляемые материальные средства), на основе которых соответствующими подразделениями и службами гражданской обороны вырабатываются предложения о возмещении расходов, понесенных органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями.

Устанавливается следующий порядок возмещения расходов:

организации подают заявления с приложением соответствующих подтверждающих документов о возмещения расходов в соответствующие органы исполнительной власти и органы местного самоуправления, которые рассматривают заявления с прилагаемыми к ним документами и принимают решение о возможности возмещения расходов или возвращают заявления на доработку.

Если для возмещения расходов средств бюджетов субъектов Российской Федерации и соответствующих местных бюджетов (с учетом предоставляемых субвенций) недостаточно, в Минэкономразвития России, Минфин России и МЧС России, направляется заявка.

Минэкономразвития России, Минфин России и МЧС России формируют сводную заявку на возмещения расходов за счет средств федерального бюджета с распределением средств по регионам и предоставляют ее на рассмотрение Правительству Российской Федерации.

По решению Правительства Российской Федерации о возмещения расходов согласно поступающим заявлениям и дотационным заявкам МЧС России информирует заявителей (соответствующие органы исполнительной власти и органы местного самоуправления).

Минфин России через территориальные органы федерального казначейства перечисляют средства на возмещение расходов на подготовку и проведение мероприятий по гражданской обороне в субъекты Российской Федерации и осуществляют контроль за их расходованием.

Обязанности заказчиков и исполнителей

Государственные заказчики осуществляют размещение заказов на продукцию для федеральных нужд на конкурсной основе.

Государственный заказчик:

организует и проводит конкурсы в целях определения головного исполнителя (исполнителя);

согласовывает цену на продукцию (работы, услуги), заключает государственный контракт на поставки продукции (работ, услуг);

обеспечивает финансирование работ;

осуществляет контроль за использованием головным исполнителем (исполнителем) финансовых средств, выделенных на выполнение работ;

осуществляет контроль за выполнением работ как на отдельных этапах, так и в целом;

участвует в испытаниях опытных образцов (комплексов, систем) вооружения и техники, серийной продукции, а также комплектующих изделий и материалов;

организует и проводит государственные испытания опытных образцов (комплексов, систем) вооружения и техники, осуществляет подготовку документации для принятия их на вооружение (снабжение);

утверждает конструкторскую документацию для осуществления серийного производства вооружения и техники.

Государственный заказчик может на основе государственного контракта передавать головному исполнителю часть своих функций по выполнению оборонного заказа:

головной исполнитель - организация, заключившая государственный контракт с государственным заказчиком на поставки продукции (работ, услуг) по оборонному заказу и оформляющая договоры с исполнителями оборонного заказа на поставки продукции (работ, услуг);

исполнитель - организация, участвующая в выполнении оборонного заказа на основе контракта с государственным заказчиком или головным исполнителем (исполнителем);

государственный контракт - договор, заключенный государственным заказчиком с головным исполнителем (исполнителем) и предусматривающий обязательства сторон и их ответственность за выполнение работ.

Поставщик (исполнитель):

должен иметь необходимые финансовые средства, оборудование и другие материальные возможности, опыт и положительную репутацию, быть надежным, обладать необходимыми трудовыми ресурсами для выполнения государственного контракта, исполнять обязательства по уплате налогов в бюджеты всех уровней и обязательных платежей в государственные внебюджетные фонды;

не должен быть неплатежеспособным, находиться в процессе ликвидации (для юридического лица), быть признан несостоятельным (банкротом).

Поставщиком не может являться организация, на имущество которой наложен арест и (или) экономическая деятельность которой приостановлена

Для реализации государственных контрактов (договоров) предприятия-поставщики (учреждения, организации) обеспечиваются необходимыми финансовыми ресурсами (бюджетными ассигнованиями). Государство обязано обеспечить выгодность обязательного государственного контракта и своевременно финансировать все издержки.

9.13. Морально-психологическое обеспечение[105]

Сложность и важность выполняемых задач в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, требует осуществления дополнительных мероприятий по укреплению морально-психологического потенциала привлекаемого личного состава. При выполнении боевых задач осуществляется морально-психологическое обеспечение личного состава, порядок организации которого

[105] Жиляев А.А. Каф. 42 «Педагогики и психологии»

определяется соответствующими боевыми уставами, наставлениями и руководствами[106].

Целью МПО выполнения задач ГО является формирование высокого морального духа личного состава, его способности действовать в условиях непосредственной и постоянной угрозы жизни, преодолевать состояние безнадёжности и отчаяния, во что бы то ни стало стремиться к выполнению поставленной задачи.

Морально-психологическое обеспечение – это комплекс согласованных по целям, задачам, направлениям, месту, времени, последовательности, привлекаемым силам и средствам действий, осуществляемых командирами (начальниками), штабами, органами воспитательной работы, другими органами управления и должностными лицами по формированию, поддержанию и восстановлению у личного состава, участвующего в выполнении задач ГО, высокого морально-психологического состояния и других качеств, обеспечивающих безусловное выполнение поставленных задач в любых условиях обстановки. Планируется и осуществляется МПО в период подготовки и проведения мероприятий ГО.

Основными задачами МПО мероприятий ГО при угрозе и возникновении военных конфликтов являются: обеспечение моральной готовности и способности личного состава МЧС выполнять свой профессиональный долг и достижение на этой основе психологической устойчивости; воспитание у спасателей патриотизма, гражданственности, преданности Отечеству, верности Конституции РФ, военной присяге, традициям МПВО – ГО – МЧС России, дисциплинированности и мужества; формирование положительного морально-психологического климата, укрепление дисциплины; выполнение требований законов и воинских уставов, приказов командиров и начальников; достижение высокой исполнительности и организованности; проведение в жизнь принципа единоначалия, поддержание авторитета командиров (начальников); оценка, доведение и разъяснение сложившейся обстановки, принимаемых мер руководством страны и МЧС России, воспитание у личного состава уверенности в необходимости проведения мероприятий ГО, готовности и способности выполнять функциональные задачи в экстремальных условиях, преодолевая реальные физические и психические перегрузки; изучение, оценка и прогнозирование морально-психологического состояния личного состава в ходе подготовки и проведения мероприятий ГО, восстановление моральных, психических и физических сил, проведение психологической реабилитации личного состава в целях восстановления его готовности к выполнению последующих задач; обеспечение личного состава всем необходимым и реализация правовых гарантий, предусмотренных законами, поддержание взаимодействия с органами государственной власти и управления в целях решения социальных проблем и обеспечения всем необходимым для их деятельности и выживания людей в экстремальных условиях; обобщение, внедрение, пропаганда передового опыта проведения мероприятий ГО, популяризация отличившихся и их поощрение.

Видами МПО являются[107]: информационно-воспитательная работа, психологическая работа, военно-социальная работа, культурно-досуговая работа, защита войск от информационно-психологического воздействия противника.

[106]Основы организации воспитательной работы в системе МЧС России. Приложение № 2 к приказу МЧС Россиiот 30.11.2005 № 859.

[107] Боевой устав по подготовке и ведению общевойскового боя. Ч. 2. М.: Воениздат, 2004. С. 552-553.

Информационно-воспитательная работа – система целенаправленных, согласованных мероприятий, осуществляемых командирами (начальниками), штабами, органами воспитательной работы и средствами массовой информации по своевременному доведению до личного состава, участвующего в выполнении задач ГО, сведений о политической, морально-психологической и информационной обстановке, принимаемых решений органами государственной власти, полученных задачах, действиях спасательных подразделений в целях формирования устойчивого морально-психологического состояния личного состава, выполняющего поставленные задачи.

Цель ИВР – выработка у личного состава необходимых моральных качеств, нравственной мотивации поведения в сложных условиях ЧС, готовности и способности к успешному выполнению задач ГО. В ходе ИВР происходит информационное наполнение сознания человека. Каждый военнослужащий, спасатель должен обладать оптимальным количеством информации с требуемым содержанием и качеством. Содержание информации должно включать необходимые сведения об обстановке в районе выполнения мероприятий ГО, смысл выполняемой задачи, субординационных, социально-бытовых особенностей предстоящих работ. Задача руководителя состоит в определении оптимального объема информации, так как недостаток информации, так и избыток её создает психологический дискомфорт.

К силам ИВР относятся: должностные лица, участвующие в организации и проведении мероприятий ГО, руководители аварийно-спасательных служб, командиры частей и подразделений, привлекаемых к выполнению задач ГО; должностные лица органов воспитательной работы; нештатные группы информирования в органах управления МЧС России; информационный актив гражданских организаций, привлекаемый к выполнению задач ГО.

В условиях проведения мероприятий ГО содержание ИВР в подразделениях должно быть направлено на обеспечение высокой боеспособности, устойчивого управления подразделениями спасателей и поддержание морально-психологического состояния личного состава на уровне, позволяющем успешно выполнять поставленные задачи.

Важнейшими компонентами ИВР является общественно-государственная подготовка, информирование личного состава, проведение информационно-пропагандистских акций.

В МЧС России *общественно-государственная подготовка* является одним из основных предметов подготовки личного состава и важнейшей формой государственно-патриотического, воинского, нравственного, правового и эстетического воспитания. Особенностью организации и проведения ОГП личного состава в системе МПО мероприятий ГО является то, что она будет проводиться в подразделениях спасателей, расположенных в пунктах постоянной дислокации. Непосредственно же в зоне выполнения задач ГО она трансформируется по формам и методам проведения в специальное и политическое информирование.

Под *информированием спасателей* понимается деятельность командиров (начальников), органов управления и структур воспитательной работы, направленная на своевременное предоставление личному составу необходимой для управления, жизнедеятельности и выполнения мероприятий ГО социально-политической, специальной, технической, правовой, и другой информации. В системе ИВР осуществляется информирование личного состава о решениях высших органов государственных

власти и руководства МЧС России, общественно-политической обстановке, морально-психологических условиях выполнения задач, действиях спасателей в зоне ЧС.

В ходе выполнения задач ГО в отрыве от пунктов постоянной дислокации информирование проводится в зависимости от обстановки и характера решаемых задач, но не менее раз в неделю по 20 минут[108].

В содержании ИВР, проводимой в районе проведения мероприятий ГО, возрастает роль и значение пропагандистских задач. Для создания благоприятной информационной обстановки в районе выполнения задач ГО следует проводить *информационно-пропагандистские акции*, под которыми понимается комплекс информационных, пропагандистских и воспитательных мероприятий, проводимых командованием по единому замыслу и плану среди личного состава подразделений спасателей или местного населения в интересах успешного решения оперативных или тактических задач. Они могут проводиться с участием представителей региональных и местных органов государственного управления, деятелей общественных, научных и творческих объединений, специалистов печатных и электронных средств массовой информации.

Для решения пропагандистских задач создаются информационно-пропагандистские группы – в территориальных органах МЧС России, соединениях, воинских частях СВФ, организациях МЧС России; в ротах (и им равных), во взводах (и им равных), а также в дежурных боевых сменах и караулах, соответствующими командирами (начальниками) назначаются нештатные помощники командиров (начальников) по информированию личного состава, а также боевой и информационный актив[109].

Руководство их деятельностью осуществляют начальники соответствующих органов воспитательной работы, заместители командиров (начальников) по воспитательной работе.

В содержании информационно-пропагандистских мероприятий отражаются специфика действий личного состава, выполняющего конкретные задачи ГО. Особое внимание должно уделяться оперативному информированию спасателей о динамике складывающейся обстановки, упреждению слухов, паники, и различных страхов (фобий), информационному обеспечению профилактики психогенных потерь, воспитанию у личного состава веры в силу и мощь своего вооружения и техники.

К *основным формам* ИВР относятся: ОГП; устное информирование (общественно-политическое, правовое, техническое, медицинское и др.); прослушивание и просмотр информационных теле, радиопередач, видео и аудиоматериалов; тематические вечера и собрания личного состава; прямое обращение командиров к личному составу; обмен опытом участников АСДНР; работа офицеров органов воспитательной работы в боевых порядках; индивидуально-воспитательная работа; доведение приговоров военных судов об осуждении военнослужащих за воинские преступления, трусость, невыполнение приказов и др.

Практика МПО мероприятий ГО накопила значительный арсенал *методов* ИВР. Среди них наиболее эффективными являются методы информирования, убеждения, просвещения, внушения, обучения, пропаганды, агитации, инструктажа, приказа, критики, дискуссии, похвалы, рекламы и др.

[108]Основы организации воспитательной работы в системе МЧС России. Приложение № 2 к приказу МЧС России от 30.11.2005 № 859.

[109]Основы организации воспитательной работы в системе МЧС России. Приложение № 2 к приказу МЧС России от 30.11.2005 № 859.

К основным *средствам* ИВР относятся походные средства связи и управления, культурно-досуговые учреждения, информационно-методические центры, информационные пункты, комнаты информирования и досуга, переносные библиотеки, традиционные и электронные средства массовой информации (газеты, журналы, радио, телевидение, компьютерные сети), полиграфическое оборудование, технические средства воспитания, наглядные средства информации.

Важной составной частью МПО деятельности подразделений, привлекаемых для выполнения задач ГО, является психологическая работа, которая организуется в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, Приказами Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий[110].

Психологическая работа представляет собой согласованную по месту и времени деятельность командиров (начальников), органов воспитательной работы и психологов по практическому применению положений психологической науки в целях формирования у личного состава, участвующего в выполнении задач ГО, психологической устойчивости и готовности выполнять служебно-боевые задачи в любых условиях обстановки, сохранения и восстановления их физического и психического здоровья.

Психологическая работа включает в себя следующие основные компоненты: психологическая подготовка спасателей; психологическое сопровождение действий спасательных подразделений; психологическая помощь личному составу; психологическая реабилитация пострадавших.

Под *психологической подготовкой* спасателей понимается комплекс специальных мероприятий, моделирующих действия личного состава в условиях ведение гражданской обороны при угрозе и возникновении военных конфликтов, формирующих навыки и умения поведения в экстремальных ситуациях, в целях формирования у военнослужащих и гражданского персонала психологических качеств, способствующих выполнению поставленных задач.

Психологическая подготовка личного состава организуется и проводится для достижения спасателями, спасательными подразделениями способности выдерживать высокие нервно-психические, психологические и физические нагрузки и действовать по предназначению в условиях непосредственной опасности. При этом особое внимание обращается на формирование у личного состава устойчивых навыков владения вооружением и техникой; обучение его умелым, решительным и инициативным действиям в обстановке проведения мероприятий ГО; выработку правильных представлений о предстоящих действиях, возможном поведении противника и тенденциях изменения обстановки; формирование психологической способности преодолевать страх и противостоять панике.

Психологическое сопровождение действий спасательных подразделений – это система специальных оперативных мероприятий психологической работы, проводимых в период выполнения задач ГО с личным составом спасательных подразделений в боевых порядках и в районе дислокации в непосредственной близости от района

[110]Приказ МЧС России № 218 от 25.4.2003 г. «О создании психологической службы МЧС России»; № 581 от 26.9.2008 г. «Об утверждении Концепции развития психологической службы МЧС России на 2009 - 2014 годы и ведомственной целевой программы «Развитие психологической службы МЧС России в 2009 - 2011 годах»; № 525 от 20 сентября 2011 г. «Об утверждении Порядка оказания экстренной психологической помощи пострадавшему населению в зонах чрезвычайных ситуаций и при пожарах».

ЧС, направленных на поддержание психологической устойчивости спасателей к высоким физическим и нервно-психическим нагрузкам, предотвращение индивидуальных и групповых отрицательных психологических состояний, а так же профилактику боевых психологических расстройств (травм).

Основная целевая установка психологического сопровождения состоит в достижении высокой профессиональной активности личного состава, его способности переносить высокие нервно-психические нагрузки и сохранять работоспособность в экстремальных условиях выполнения функциональных обязанностей. В этой связи важно поддерживать психологическую устойчивость спасателей к воздействию устрашающих и психотравмирующих факторов ЧС. Особое значение приобретает работа по предупреждению психических расстройств, оказанию психологической помощи пострадавшим в ходе выполнения работ и восстановлению психических и физических сил личного состава.

Психологическая помощь рассматривается как система психологических технологий, методов и приемов, проводимых с пострадавшим личным составом, обеспечивающая преодоление психотравмирующих последствий обстановки ЧС и восстановление психологической готовности к дальнейшему выполнению стоящих задач. Она оказывается в целях сохранения и восстановления нарушенного функционального состояния психики людей в результате воздействия экстремальных факторов ЧС.

В структуре психологической работы важное место занимает *психологическая реабилитация* спасателей и членов их семей как система специальных восстанавливающих мероприятий по приведению в норму утраченных или нарушенных психических функций и способностей спасателей к нормальной деятельности в результате психотравмирующего воздействия факторов обстановки ЧС. Кроме того, она включает проведение психологической и психофизиологической экспертизы спасателей, а также рационального распределения личного состава с учетом его функционального состояния.

Основными целями психологической реабилитации личного состава являются восстановление физической и боевой способности, предупреждение (профилактика) инвалидности и социально-психологическая адаптация спасателей после участия в выполнении задач ГО.

Нередко в ходе реабилитации спасателям назначается *психологическая коррекция*. Она предполагает организованное психологическое воздействие на личный состав, имеющий отклонения от социальной или психической нормы с целью устранения неблагоприятных психических образований и формирования у них качеств, необходимых для дальнейшей службы в МЧС. Программа коррекции включает психологическую и педагогическую части. Психологическая часть планируется и осуществляется специальными методами психологом. Педагогическая часть осуществляется командирами (начальниками), их заместителями по воспитательной работе на основании рекомендаций психолога. Рекомендации командирам, их заместителям по воспитательной работе должны быть конкретными и понятными. Ответственность за обоснованность рекомендаций и их эффективность несет психолог.

Следующим видом МПО мероприятий ГО выступает ***военно-социальная (социальная) работа***. Она представляет собой систему согласованных, целенаправленных организационных, правовых, социально-экономических и воспитательных мероприятий, направленных на реализацию социальных гарантий спасателей и членов их семей, предусмотренных законами и иными нормативными правовыми актами.

Социальная работа при проведения мероприятий ГО организуется и проводится в *целях* создания социальных условий для эффективного выполнения личным составом своих служебных обязанностей в ходе выполнения мероприятий ГО, поддержания в спасательных подразделениях правопорядка и дисциплины, практической реализации социальных гарантий спасателей и членов их семей, предусмотренных законами и другими нормативными правовыми актами.

Социальная (военно-социальная) работа подразделениях включает в себя оказание помощи личному составу в разрешении возникающих социальных проблем; подготовку предложений по совершенствованию нормативной базы социальной защиты спасателей и членов их семей; проведение консультаций представителей органов управления по осуществлению социальной (военно-социальной) работы, укреплению воинской дисциплины и правопорядка; забота о качественном питании личного состава; участие в решении вопросов медицинского обслуживания и медико-социальной реабилитации, эвакуации семей спасателей, материально-бытового обеспечения, денежного довольствия, проведении ритуальных мероприятий; изучение и реализация предложений, заявлений и жалоб личного состава и др.

К *основным формам социальной (военно-социальной) работы* относятся проверки соблюдения законодательства о правах и льготах спасателей, контроль за полным обеспечением личного состава всеми положенными видами и нормами довольствия; индивидуальное и коллективное консультирование по социально-правовым вопросам; проведение бесед, занятий и семинаров по социально-правовой тематике; работа с письмами, жалобами и заявлениями спасателей и граждан, прием посетителей по социальным (военно-социальным) вопросам и др.

При проведении социальной (военно-социальной) работы в подразделениях практикуются правовое информирование, проведение собраний личного состава, социологических исследований по выявлению социального самочувствия личного состава, прием участников выполнения мероприятий ГО командным составом и организация работы общественных приемных по личным вопросам, индивидуальная работа со спасателями и членами их семей, ответы на обращения и жалобы личного состава и членов их семей по социальным (военно-социальным) вопросам.

К материальной базе социальной (военно-социальной) работы относятся уголки правовых знаний в подразделениях, методические классы социальной (военно-социальной) и правовой работы, пункты социальной (военно-социальной) работы в библиотеках и клубах воинских частей, наглядная агитация по социальным (военно-социальным) вопросам, размещаемая в местах выполнения задач ГО, отдыха и досуга личного состава.

В целях оказания консультационной помощи спасателям и членам их семей по реализации широкого круга вопросов социальной помощи и защиты, а также снятия социальной напряженности на время выполнения задач ГО в подразделениях целесообразно создавать *пункты социальной (военно-социальной) работы.* Их штат может составлять три должностных лица - начальник пункта, консультант и специалист. Общее руководство справочно-консультативным пунктом осуществляет заместитель командира по воспитательной работе.

Как вид МПО мероприятий ГО ***культурно-досуговая работа*** представляет собой систему мероприятий, проводимых при ведение гражданской обороны при угрозе и возникновении военных конфликтов по организации отдыха и воспитания личного состава средствами культуры и массовой информации. Она включает в себя работу

командиров (начальников), штабов и органов воспитательной работы, направленную на поддержание высокого морально-психологического состояния личного состава подразделений, участвующих в мероприятиях ГО, организацию воспитания и отдыха личного состава, снятие у него психологического напряжения и удовлетворение культурных потребностей.

КДР организуется и проводится *с целью* формирования у личного состава средствами культуры и искусства высоких морально-психологических качеств, поддержания на должном уровне позитивного духовно-эмоционального состояния спасателей и мобилизации их на успешное решение задач ГО.

Руководит КДР командир. За ее организацию и проведение в части отвечает специалист по культурно-досуговой работе (начальник клуба части). Организаторы КДР должны хорошо знать ее содержание, формы и методы, своевременно подбирать, готовить и инструктировать культурно-досуговый актив в каждом подразделении, обеспечивать их техническими средствами воспитания и культурно-досуговым имуществом.

К основным *силам и средствам* КДР относятся дома культуры, дома офицеров, офицерские, солдатские клубы, советы клубов, походные автоклубы, военные музеи, комнаты боевой славы воинской части, комнаты досуга личного состава, учреждения культуры и творческие организации, самодеятельные творческие коллективы, библиотеки, военные ансамбли песни и пляски, концертные ансамбли и т.д.

Организация КДР заключается: в постоянном и всестороннем изучении духовного самочувствия личного состава и его культурных запросов; в проведении мероприятий по подготовке, размещению и использованию стационарных и подвижных учреждений культуры в соответствии с принятым решением по морально-психологическому обеспечению аварийно- спасательных и других неотложных работ; в рациональном определении сил, средств, форм и методов проводимых культурно-досуговых мероприятий; во взаимодействии с государственными органами культуры и осуществлении совместных культурно-досуговых программ в интересах выполнена профессиональных задач.

Мероприятия КДР проводятся с учетом характера и особенностей проведения мероприятий ГО на основе плана МПО.

Защита войск от информационно-психологического воздействия противника организуется и осуществляется в целях снижения опасности негативного информационного и психологического воздействия на личный состав, обеспечения эффективного управления, укрепления морально-психологического состояния личного состава подразделений и создания благоприятных условий для их применения, своевременного предупреждения командования о развитии нежелательной идеологии её воздействии на личный состав[111].

Основными задачами защиты войск (сил) от информационно-психологического воздействия противника являются: разъяснение решений военно-политического руководства страны, задач, стоящих перед подразделениями и частями; анализ и прогнозирование информационной обстановки в районе боевых действий; сбор и обобщение информации об источниках негативного информационно-психологического воздействия, а также выработка мер по его устранению; нейтрализация информационно-психологического воздействия противника, недопущение деморализации, дезинформации и морально-психологического подавления войск (сил); проведение информа-

[111] Боевой устав по подготовке и ведению общевойскового боя. Ч. 2. М.: Воениздат, 2004. С. 555-556.

ционно-психологических мероприятий (акций), направленных на свои войска и местное население; организация профилактических мер по предупреждению распространения ложных слухов среди личного состава, пресечение слухов, тревожных высказываний и противоправных действий, направленных на снижение морально-психологического состояния войск (сил) и др.[112]

Основными формами защиты войск (сил) от информационно-психологического воздействия противника выступают как отдельные информационно-пропагандистские и психологические акции, оперативно-профилактические мероприятия, так и специальные операции по противодействию негативному информационно-психологическому воздействию противника.

Средства МПО в широком смысле представляют собой систему вещественных предметов и элементов общественной деятельности, используемых командирами (начальниками), воспитательными и др. органами управления в целях укрепления морально-психологического состояния личного состава, мобилизации его духовных и физических сил на выполнение профессионального долга.

К средствам МПО относятся склады и ремонтные мастерские технических средств воспитания, кинобазы, кинопрокатные пункты, средства связи и управления. В качестве средств МПО служат традиции МПВО – ГО – МЧС России, ритуалы посвящения в спасатели, праздники Дня спасателя и др. Есть немало и других средств, присущих отдельным организационным формам МПО.

В интересах МПО используются средства массовой информации: система государственного и ведомственного теле и радиовещания, центральная, ведомственная и местная печать, технические средства воспитания и информации, стационарные и подвижные полиграфические комплексы (оборудование).

[112] Система морально-психологического обеспечения в Вооружённых Силах Российской федерации. – Уч. пособие: М., 2005. С.96.

Глава 10. Перспективы развития гражданской обороны

Гражданская оборона, как всякая социальная система, постоянно находится в развитии. Существенно изменяется окружающий нас мир, трансформируются угрозы и опасности и, соответственно, меняются представления о гражданской обороне.

Необходимость внедрения новых подходов к организации и ведению гражданской обороны обусловлена тем, что в последние годы изменились социально-экономические условия в Российской Федерации, подходы к ведению современных войн и вооруженных конфликтов.

В Военной доктрине Российской Федерации отмечается, что военные конфликты будут отличаться скоротечностью, избирательностью и высокой степенью поражения объектов, быстротой маневра войсками (силами) и огнем, применением различных мобильных группировок войск (сил). Овладение стратегической инициативой, сохранение устойчивого государственного и военного управления, обеспечение превосходства на земле, море и в воздушно-космическом пространстве станут решающими факторами достижения поставленных целей.

Для военных действий будет характерно возрастающее значение высокоточного, электромагнитного, лазерного, инфразвукового оружия, информационно-управляющих систем, беспилотных летательных и автономных морских аппаратов, управляемых роботизированных образцов вооружений и военной техники.

Ядерное оружие будет оставаться важным фактором предотвращения возникновения ядерных военных конфликтов и военных конфликтов с применением обычных средств поражения (крупномасштабной войны, региональной войны). При этом в случае возникновения военного конфликта с применением обычных средств поражения (крупномасштабной войны, региональной войны), ставящего под угрозу само существование государства, обладание ядерным оружием может привести к перерастанию такого военного конфликта в ядерный военный конфликт. Исходя из изложенного, вероятность возникновения ядерного конфликта представляется невысокой.

В качестве технологических особенностей войн будущего эксперты указывают возрастание роли информационного противоборства, повышение точности и избирательности оружия.

С учетом положений Военной доктрины Российской Федерации должна измениться и система гражданской обороны Российской Федерации.

Рассматривая отдаленные риски военного характера, необходимо отметить, что объектами воздействия перспективных видов оружия на новых физических принципах в основном будут являться пункты управления, личный состав и техника вооруженных сил, критически важные объекты и объекты жизнеобеспечения населения.

При этом наиболее опасными для населения в современных войнах будут вторичные факторы поражения при разрушении потенциально опасных объектов (пожары, химическое заражение, радиоактивное загрязнение, катастрофическое затопление, нарушение работы систем жизнеобеспечения населения и др.).

Прогнозные оценки возможных угроз и опасностей, показывают, что возможные последствия современных военных конфликтов будут характеризоваться:

ограниченными потерями среди населения;

массированным психологическим и информационным воздействием;

нарушением систем управления;

поражением транспортной инфраструктуры и ряда базовых отраслей экономики;

появлением масштабных очагов поражения от вторичных факторов;

разрушением систем жизнеобеспечения.

Пересмотр возможных сценариев ведения современных войн и вооруженных конфликтов определил необходимость пересмотра подходов к защите населения и совершенствования законодательства Российской Федерации.

Основным отличием гражданской обороны будущего от существующей будет переход от системы защиты от поражающих факторов при широкомасштабном применении ядерного оружия к защите от конкретных видов опасностей, которые могут возникнуть на данной территории, в том числе при применении ядерного оружия по отдельным объектам инфраструктуры. При этом объём мероприятий, проводимых заблаговременно, должен быть соотнесён с риском возникновения конкретного вида опасности, а их проведение должно обеспечивать значимый эффект в виде существенного сокращения возможных жертв и материального ущерба.

Развитие гражданской обороны осуществляется в соответствии со следующими основными принципами:

реформирование ГО в рамках общей стратегии развития военной организации государства;

необходимая достаточность при организации и выполнении мероприятий по ГО;

заблаговременность подготовки государства к ведению ГО в мирное время;

обеспечение постоянной готовности сил ГО к действиям в условиях военного времени и при ЧС;

финансирование ГО как со стороны государства, так и со стороны субъектов РФ, муниципальных образований и организаций;

рациональное расходование средств «затраты - эффективность»;

повышение социальной значимости ГО, оказание помощи населению в кризисных ситуациях;

использование новых форм и методов защиты населения и территорий от опасностей военного времени и при ЧС.

Процесс реформирования гражданской обороны затрагивает проблемы законодательства, совершенствования способов и методов защиты населения, финансового и материального обеспечения, строительства и развития сил гражданской обороны и многие другие. Современное состояние гражданской обороны можно оценить как обеспечивающее выполнение основных задач в условиях военного и мирного времени.

В основу реформирования закладываются те же принципы, на которых базируется стратегия развития военной организации государства. Характерной чертой нового облика гражданской обороны является то, что ее подготовка и ведение должны осуществляться, как и вся оборона страны в целом, исходя из принципа стратегической мобильности. Суть принципа стратегической мобильности для гражданской обороны состоит в создании возможностей для поэтапного наращивания ее мероприятий во времени и пространстве в зависимости от уровня военных угроз, в концентрации сил и средств в нужное время и в нужном месте.

Дальнейшее развитие гражданской обороны осуществляется по следующим направлениям:

развитие законодательной правовой базы;

совершенствование системы управления и оповещения;

повышение эффективности способов защиты населения;

реформирование сил.

Основные мероприятия по *развитию нормативной правовой базы* включают:

создание системы нормативных правовых актов, регламентирующих новые подходы к организации и ведению гражданской обороны;

актуализацию нормативных правовых актов по выполнению задач гражданской обороны;

разработку технических регламентов, национальных стандартов и федеральных норм и правил по выполнению задач гражданской обороны и осуществлению разрешительных, надзорных и контрольных функций в области гражданской обороны;

совершенствование правового механизма по разграничению предметов ведения и полномочий между федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления в области гражданской обороны.

В связи с этим при корректировке Государственной программы Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» (далее – Госпрограмма) предполагается разработка и включение в Госпрограмму подпрограммы «Формирование системы обеспечения гражданской обороны», в рамках выполнения которой необходимо обеспечить:

внесение изменений в действующую нормативно-правовую базу;

создание комплексной системы формирования и управления антикризисными резервами и ресурсами;

нормативное правовое и методическое обеспечение деятельности органов управления и должностных лиц гражданской обороны по внедрению механизмов финансового и ресурсного обеспечения мероприятий гражданской обороны.

Одной из важнейших задач гражданской обороны является *оповещение органов государственного управления и населения*. В Российской Федерации действует 1 федеральная, 8 межрегиональных, 83 региональных систем оповещения, которые обеспечивают оповещение 80% населения. Улучшить оперативность доведения информации и увеличить охват населения позволяет развитие системы ОКСИОН, а также создание комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения ЧС.

Дальнейшее совершенствование технических систем управления и оповещения населения, модернизация средств связи осуществляется на основе использования оптико-волоконной техники и спутниковых систем связи нового поколения по следующим направлениям:

поэтапная интеграция системы управления ГО в единую систему государственного и военного управления;

поддержание в постоянной готовности системы централизованного оповещения населения и наращивание сети локальных систем оповещения;

развитие общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания.

Завершается реконструкция территориальных систем оповещения и создание локальных систем оповещения на потенциально опасных объектах, расположенных вблизи крупных жилых массивов.

Для оповещения населения, не охваченного средствами централизованного оповещения, используются мобильные громкоговорящие средства оповещения, установленные на автомобилях. Главной задачей мобильного комплекса информирования

и оповещения населения комплекса является информирование и оповещение населения с использованием мобильных современных технических средств и передовых технологий в местах, не оснащенных стационарными средствами, а также в труднодоступных местах массового пребывания людей.

Ключевой проблемой успешного функционирования гражданской обороны является обеспечение необходимого уровня защищенности населения. В современных условиях новые подходы к развитию способов защиты населения включают:

приоритетность внедрения мероприятий, обеспечивающих защиту населения от всего спектра опасностей мирного и военного времени;

накопление фонда защитных сооружений, в основном, за счет освоения подземного пространства городов;

планирование многовариантных способов эвакуации населения, учитывающих реальные возможности транспортной инфраструктуры и загородных зон по приему эвакуируемых;

создание запасов средств индивидуальной защиты для аварийно-спасательных формирований, персонала потенциально опасных объектов и населения, проживающего вблизи химически и радиационно опасных объектов.

Эвакуация является в настоящее время наиболее эффективным способом преодоления гуманитарных катастроф. Эвакуационные мероприятия, как правило, влекут за собой определенные социальные последствия, вызывают необходимость решения многих сложных задач, таких как жизнеобеспечение, транспортное обеспечение, учет и размещение эвакуируемых лиц и т.д.

Вместе с тем в ряде случаев эвакуация является единственным возможным способом сохранить жизнь многих тысяч людей. Эффективность мероприятий в определяющей степени зависит от того, как они подготовлены и организованы. В противном случае возникает массовое неупорядоченное перемещение людей, потоки беженцев и, как следствие, большие социальные последствия. Это наглядно показал опыт произошедших в мире за последние годы вооруженных конфликтов.

Отличительной особенностью эвакуации в современных условиях является необходимость быть готовыми к различным вариантам проведения эвакомероприятий. При их подготовке следует учитывать те реальные изменения, которые произошли в жизни государства и граждан, такие как увеличение количества личного транспорта, загородного дачно-кооперативного фонда и т.д. Необходимо также учитывать и вероятность внезапного нападения противника, когда некогда будет организованно осуществлять эвакомероприятия. При этом могут возникать стихийные потоки беженцев. На этот случай необходимо заранее разрабатывать соответствующие планы действий органов гражданской обороны.

Актуальной становится задача по разработке и внедрению в практику строительства новых типов защитных сооружений. Как показывает опыт современных военных конфликтов, с учетом того, что массовая эвакуация населения, как правило, не проводится, на территории городов необходимо укрывать значительно большее количество населения. В этих целях необходимо более рационально использовать подземное пространство городов и населенных пунктов для укрытия населения. Речь идет как о фундаментальных сооружениях, типа метрополитенов, так и о таких сооружениях как подвалы, переходы, гаражи и т.д. Наряду с этим возможно устройство специальных отсеков на первых этажах жилых домов, оборудованных более прочными конструкциями.

Продолжаются работы по созданию нового поколения средств индивидуальной защиты. Эти средства должны защищать от опасных химических, биологических и радиоактивных веществ, иметь малые габариты и обеспечивать простоту и удобство пользования. По нашему мнению, средства индивидуальной защиты необходимо накапливать только для работников химически и радиоактивно опасных объектов, а также проживающего вблизи этих объектов населения.

Гражданская оборона активно участвует в сохранении экономического потенциала в годы войны. В условиях, когда важнейшие промышленные объекты становятся первоочередными целями поражения, особое значение приобретают мероприятия гражданской обороны, направленные на сохранение этих объектов.

Основные мероприятия по повышению устойчивости объектов, необходимых для обеспечения функционирования экономики и выживания населения в условиях ведения боевых действий должны выполняться заблаговременно, в мирное время. Это требует внесения корректив в нормы инженерно-технических мероприятий гражданской обороны с учетом опыта современных войн с применением высокоточного оружия. В этом направлении необходимо проведение исследований и разработка методик применения средств комплексной защиты населения

Осуществляется внесение корректив в нормы инженерно-технических мероприятий гражданской обороны с учетом опыта современных войн с применением высокоточного оружия. Проводится работа по оценке возможности использования существующих видов и средств комплексной маскировки для нужд гражданской обороны и, в первую очередь, для защиты стратегически важных объектов. Разрабатываются требования в части повышения физической стойкости наиболее важных элементов производства к воздействию поражающих факторов высокоточного оружия.

Сегодня изменился подход к переработке Плана гражданской обороны и защиты населения Российской Федерации в рамках подготовки Плана обороны Российской Федерации. В основу Плана гражданской обороны закладываются базовые сценарии ведения войн и вооруженных конфликтов, согласованные с Генеральным штабом Вооруженных сил Российской Федерации. Оценку возможной обстановки осуществляют территориальные органы МЧС России. Это существенно повышает качество планирования, так как грамотно выбрать объекты, разрушение которых окажет существенное влияние на условия жизнеобеспечения региона и устойчивость его функционирования, можно только зная реальную обстановку на данной территории.

Появляются новые риски, связанные с развитием ресурсной базы и освоением Арктической зоны Российской Федерации. По некоторым оценкам, в Арктическом регионе может находиться до четверти потенциальных мировых ресурсов нефти и газа. Площадь ледового покрова Северного Ледовитого океана сократилась до рекордной величины, ожидается дальнейшее его уменьшение. Трасса Северного морского пути становится все более и более доступной для судоходства.

Российским северным регионом очень интересуются США и другие страны НАТО. По мнению ряда специалистов вероятно обострение территориальных разногласий и пересмотр правового статуса приарктической зоны. Данные шаги Россия не сможет воспринимать спокойно, так как регион жизненно важен с точки зрения национальных интересов. Активно развивается инфраструктура Вооруженных сил России в этом регионе.

МЧС России планирует создание десяти специализированных аварийно-спасательных центров и центров мониторинга и ситуационного анализа угроз, и рис-

ков чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне России. Планируется создание в Российской Арктике трех опорных аварийно-спасательных центра в Нарьян-Маре, Дудинке, Певеке, обеспеченных специализированной техникой, способной работать в сложных арктических условиях не только на суше, но и на воде, под водой, в воздухе. Семь резервных АСЦ в Архангельске, Анадыре, Воркуте, Мурманске, Надыме, Проведении и Тикси будут полностью аэромобильны и смогут прикрывать всю территорию Арктики в реальном времени при возникновении кризисных ситуаций.

Основная миссия АСЦ – прикрыть всю территорию Российской Арктики и акваторию Северного морского пути. При этом будет обеспечиваться безопасность не только арктических поселений и Северного морского пути, но и буровых вышек на шельфовых месторождениях нефти и газа, предупреждаться и ликвидироваться разливы нефти и нефтепродуктов в зоне ответственности России; выполняться задачи по поиску и спасанию людей, терпящих бедствие на море.

Введен в эксплуатацию Арктический центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, работа которого направлена на предупреждение, мониторинг и ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Арктической зоне

В Арктической зоне РФ кроме того размещены атомные электростанции, базы атомных кораблей Северного флота ВМФ и атомных ледоколов, химически опасные и взрывопожароопасные объекты, стратегически важные коммуникации.

С 1 июля 2013 спасательные центры переведены на новую организационно - штатную структуру и оснащены современными образцами техники, что позволит повысить эффективность применения спасательных воинских формирований, сократить время готовности к выезду подразделений экстренного реагирования.

В структуре СЦ МЧС России произошло увеличение количества и численности подразделений, непосредственно принимающих участие в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, сформированы новые подразделения.

Планируется переход на комплектование должностей солдат и сержантов исключительно военнослужащими, проходящими военную службу по контракту.

Предусмотрено создание аэромобильных подразделений на основе спасательных воинских формирований, региональных и специализированных подразделений ФПС для ликвидации крупномасштабных ЧС и пожаров, в том числе создание аэромобильных подразделений в каждом региональном центре для прикрытия критически важных объектов от крупномасштабных ЧС и пожаров

Предусмотрено создание новых авиационно-спасательных центров и реформирование структуры четырех существующих АСЦ. Таким образом, в системе МЧС России будут функционировать восемь авиационно-спасательных центров, в каждом федеральном округе.

В настоящее время в МЧС России проводится активная целенаправленная работа по формированию новых подходов к развитию гражданской обороны на современном этапе. Указанные подходы, учитывающие современные военно-политические и социально-экономические условиях, направлены, с одной стороны, на снижение административных и экономических барьеров, устранение устаревших, избыточных требований в области гражданской обороны, а, с другой стороны, на повышение эффективности мероприятий гражданской обороны.

Заключение

Человечество в XXI веке не будет избавлено от катастроф и бедствий военного, природного и техногенного характера. К сожалению, возрастает количество вооруженных конфликтов. Частота войн в XX веке превысила частоту за всю историю в 1,5 раза, а во второй половине – в 2,5 раза. В девяностых годах в мире ежегодно происходило порядка 35 вооруженных конфликтов. За 50 лет после второй мировой войны в средних и малых войнах в общей сложности погибло 40 млн. человек и 30 млн. стали беженцами, что сопоставимо с числом жертв и пострадавши в мировых войнах. Растет и доля потерь среди мирного населения. Если в первой мировой войне эта доля составила 5%, то во второй мировой войне уже 50%, в войне в Корее – 84%, во Вьетнаме – около 90%. Таким образом, основные жертвы современных войн – гражданское население.

Учитывая современное состояние международных отношений, наличие очагов напряженности в непосредственной близости от границ Российской Федерации, обстановка в нашей стране, связанная с потенциальными военными, а также техногенными и природными угрозами, остается напряженной. На фоне этой обстановки должны повышаться роль государственной политики по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера, расти значение усилий государства по противодействию этим угрозам. При этом особая роль отводится гражданской обороне. Опыт ее функционирования в XX веке, накопленный огромный материально-технический, организационный и научный потенциал предопределяют ее ведущее место в общей системе государственных мероприятий по обеспечению безопасности общества в целом и каждого человека в отдельности. Но для ее эффективной деятельности необходимы современная нормативная правовая база, целостная организационная структура, предусматривающая четкое разделение полномочий, подготовленные силы и средства.

Гражданская оборона вовлекает в свой процесс большое количество участников, сил, материальных, финансовых и других ресурсов, требует умелого и рационального их использования. Она не может обойтись без сосредоточения усилий, слаженной работы, тесного взаимодействия и высокой ответственности всех органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и граждан. Она требует от организаторов этой работы широкого диапазона знаний как в области комплексных подходов, так и специфических узкопрофессиональных вопросов, умения вести анализ быстро меняющейся обстановки, зависящей от многочисленных и противоречивых факторов.

Литература

1. Федеральный конституционный закон от 30.01.2002г. № 1-ФКЗ «О военном положении» (с изменениями от 3 ноября, 28 декабря 2010 г.).

2. Федеральный закон от 21.12.1994г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изменениями от 28 октября 2002 г., 22 августа 2004 г., 4, 18 декабря 2006 г., 30 октября 2007 г., 30 декабря 2008 г., 7 мая, 25 ноября 2009 г., 19 мая, 27 июля, 28, 29 декабря 2010 г.).

3. Федеральный закон РФ от 21.12.1994г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» (с изменениями от 22 августа 1995 г., 18 апреля 1996 г., 24 января 1998 г., 7 ноября, 27 декабря 2000 г., 6 августа, 30 декабря 2001 г., 25 июля 2002 г., 10 января 2003 г., 10 мая, 29 июня, 22 августа, 29 декабря 2004 г., 1 апреля, 9 мая 2005 г., 2 февраля, 25 октября, 4, 18 декабря 2006 г., 26 апреля, 18 октября 2007 г., 22 июля 2008 г., 14 марта, 19 июля, 9, 25 ноября 2009 г., 23 июля, 28 сентября, 29 декабря 2010 г.).

4. Федеральный закон от 29.12.1994г. № 79-ФЗ «О государственном материальном резерве» (с изменениями от 17 марта 1997 г., 12 февраля 1998 г., 30 декабря 2001 г., 24, 31 декабря 2002 г., 23 декабря 2003 г., 22 августа, 2 ноября 2004 г., 2 февраля 2006 г., 30 декабря 2008 г., 28 декабря 2010 г.).

5. Федеральный закон от 22.08.1995г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» (с изменениями от 5, 7 августа, 7 ноября 2000 г., 11 ноября 2003 г., 22 августа, 2, 29 ноября, 29 декабря 2004 г., 9 мая 2005 г., 28 апреля 2008 г., 7 мая, 25 ноября 2009 г.).

6. Федеральный закон от 09.01.1996г. № 3 ФЗ «О радиационной безопасности населения» (с изменениями от 22 августа 2004 г., 23 июля 2008 г.).

7. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями от 7 августа 2000 г., 10 января 2003 г., 22 августа 2004 г., 9 мая 2005 г., 18 декабря 2006 г., 30 декабря 2008 г., 27 декабря 2009 г., 23, 27 июля 2010 г.).

8. Федеральный закон от 31.05.1996г. № 61-ФЗ «Об обороне» (с изменениями от 30 декабря 1999 г., 30 июня, 11 ноября 2003 г., 29 июня, 22 августа, 29 декабря 2004 г., 7 марта, 4 апреля, 26 декабря 2005 г., 3, 6 июля, 4 декабря 2006 г., 19, 26 июня 2007 г., 14, 23 июля 2008 г., 9 апреля, 9 ноября 2009 г., 5, 8 мая, 27 июля, 23 декабря 2010 г.).

9. Федеральный закон от 12.02.1998г., № 28-ФЗ «О гражданской обороне» (с изменениями от 9 октября 2002 г., 19 июня, 22 августа 2004 г., 19 июня 2007 г., 25 ноября 2009 г., 27 июля, 23 декабря 2010 г.) .

10. Федеральный закон РФ от 06.03.2006г. № 35-ФЗ «О противодействии терроризму» (с изменениями от 27 июля 2006 г., 8 ноября, 22, 30 декабря 2008 г., 27 июля, 28 декабря 2010 г.).

11. Федеральный закон от 27.07.06г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (с изменениями от 27 июля 2010 г.).

12. Федеральный закон от 27.07.06г. № 152-ФЗ «О персональных данных» (с изменениями от 25 ноября, 27 декабря 2009 г., 28 июня, 27 июля, 29 ноября, 23 декабря 2010 г.).

13. Федеральный закон от 7 июля 2003 г. № 126-ФЗ «О связи»

14. Указ Президента Российской Федерации от 11.07.2004г. № 868 «Вопросы

Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий» (с изменениями от 21 октября 2005 г., 21 апреля, 23 октября, 17 ноября 2008 г., 24 мая, 12 декабря 2009 г., 6, 14 мая, 17, 28 декабря 2010 г., 2 января 2011 г.).

15. Указ Президента Российской Федерации от 27.05.1996г. № 784 «Вопросы гражданской обороны Российской Федерации» (с изменениями от 25 сентября 1999 г., 9 сентября 2000 г., 5 августа 2002 г., 8 мая 2005 г.).

16. Указ Президента Российской Федерации от 12.05.2009г. № 537 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года».

17. Указ Президента Российской Федерации от 5.02 .2010г. № 146 «О Военной доктрине Российской Федерации».

18. Указ Президента РФ от 15.02.2006г. № 116 «О мерах по противодействию терроризму» (с изменениями от 2 августа 2006 г., 4 ноября 2007 г., 29 февраля, 8 августа 2008 г., 4 июня, 10 ноября 2009 г., 22 апреля, 8 октября 2010 г.).

19. Указ Президента РФ от 2 июля 2005г. N 773 «Вопросы взаимодействия и координации деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и территориальных органов федеральных органов исполнительной власти».

20. Указ Президента Российской Федерации от 30.09.2011г. № 1265 «О спасательных воинских формированиях МЧС России».

21. Основы единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года. Утверждены Президентом РФ -3.09.2011 г.

22. Постановление Правительства Российской Федерации от 03.08.1996г. № 924 «О силах и средствах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (с изменениями от 5 апреля 1999 г., 8 августа 2003 г., 23 декабря 2004 г.).

23. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2003г. №794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (с изменениями от 27.05.2005г., 3.10.2006г., 7.11., 10.03., 16.07.2009г., 2, 8.09.2010г., 4.02.2011г., 19.11.2012г.).

24. Постановление Правительства РФ от 26 ноября 2007г. № 804 «Об утверждении Положения о гражданской обороне в Российской Федерации».

25. Постановление Правительства РФ от 3 октября 1998 г. N 1149 «О порядке отнесения территорий к группам по гражданской обороне».

26. Постановление Правительства РФ от 19 сентября 1998г. N 1115 «О порядке отнесения организаций к категориям по гражданской обороне».

27. Постановление правительства от 15.04.2002 г. № 240 «О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации».

28. Постановление Правительства РФ от 10 ноября 1996г. N1340 «О Порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

29. Постановление Правительства РФ от 10 июля 1999 г. N 782 «О создании (назначении) в организациях структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны».

30. Постановление Правительства РФ от 27 апреля 2000 г. N 379 «О

накоплении, хранении и использовании в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств».

31. Постановление Правительства РФ от 21.08.2000г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов».

32. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.05.2007г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

33. Постановление Правительства Российской Федерации от 2.11.2000г. №841 «Об утверждении Положения об организации обучения населения в области ГО» (с изменениями от 15 августа 2006 г., 22 октября 2008 г.).

34. Постановление Правительства Российской Федерации 04.09.2003г. № 547 «О подготовке населения в области защиты от ЧС природного и техногенного характера» (с изменениями от 1 февраля 2005 г., 15 июня 2009 г., 8 сентября 2010г.).

35. Постановление Правительства РФ от 22.06.04г. № 303 ДСП «О порядке эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы».

36. Постановление Правительства РФ от 23.04.1994г. № 359. «Об утверждении Положения о порядке использования объектов и имущества ГО приватизированными предприятиями, учреждениями и организациями».

37. Постановление Правительства РФ от 29.11.1999г. № 1309 «О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» (с изменениями от 6 мая 2003 г., 11 января 2006 г., 4 декабря 2009 г.).

38. Постановление Правительства РФ от 16.03.2000г. № 227 «О возмещении расходов на подготовку и проведение мероприятий по гражданской обороне».

39. Постановление Правительства РФ от 20.06.2005г. № 385 «О федеральной противопожарной службе» (с изменениями от 29 декабря 2009 г.).

40. Постановление Правительства РФ от 5.12.2005г. № 725 «О взаимодействии и координации деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ и территориальных органов федеральных органов исполнительной власти» (с изменениями от 8 декабря 2008 г.).

41. Постановление Правительства РФ от 1 марта 1993г. № 177 «О порядке использования действующих радиовещательных и телевизионных станций для оповещения и информирования населения РФ в ЧС мирного и военного времени»

42. Постановление Правительства РФ от 1.03.1993г. № 178 «О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов»

43. Постановление Правительства РФ от 03.06.2011 г. «О некоторых вопросах гражданской обороны в Российской Федерации».

44. Приказ МЧС России от 6.08.2004г. № 372 «Об утверждении Положения о территориальной органе МЧС России, специально уполномоченном решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в составе или при органе исполнительной власти по субъекту Российской Федерации» (с изменениями от 24 октября 2006 г., 2 июля, 6 августа 2007 г., 8 сентября 2008 г., 11 января 2012 г.).

45. Приказ МЧС России от 01.10.2004г. № 458 «Об утверждении Положения о территориальном органе МЧС России – Региональном Центре по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (с изменениями от 24 октября 2006 г., 19 февраля, 29 октября 2007 г., 4 декабря 2008

г., 2 февраля 2009 г., 30 марта, 22 декабря 2010 г.,11 января 2012 г.).
46. Приказ МЧС РФ от 23.12.2005г. № 999 «Об утверждении Порядка создания нештатных АСФ»
47. Приказ МЧС России от 7 марта 2007 г. № 121. «Об утверждении Концепции информационной безопасности МЧС России».
48. Приказ МЧС России от 1.04.2005 г. № 278 «О дальнейшем совершенствовании поисково-спасательных формирований МЧС России»
49. Приказ МЧС России от 27 мая 2003 г. № 285. «Об утверждении и введении в действие Правил использования и содержания средств индивидуальной защиты, приборов радиационной, химической разведки и контроля» (с изменениями от 10 марта 2006 г., 19 апреля 2010 г.).
50. Приказ МЧС России от 25 декабря 2005 г. № 993. «Об утверждении Положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты» (с изменениями от 19 апреля 2010 г.).
51. Приказ МЧС России от 15.10.1997 года №614 «Об утверждении Инструкции по проверке и оценке состояния вооружения и техники в соединениях, воинских частях гражданской обороны, подведомственных МЧС России учреждениях и предприятиях».
52. Приказ МЧС России от 31.01.1996г. №52 «О введении в действие Руководства о порядке использования автомобильной техники в МЧС России».
53. Приказ МЧС России от 17.12.2008г. № 783 «Об утверждении положения об организации и ведении гражданской обороны в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (в ред. приказа МЧС России от 31.12.2010г. № 714).
54. Приказ МЧС России от 04 марта 2011 года № 54 «Об утверждении положения о функциональной подсистеме лабораторного контроля и прогнозирования ЧС РСЧС».
55. Приказ МЧС РФ от 16.02.2012г. № 70 дсп «Об утверждении Порядка разработки, согласования и утверждения планов гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны)»
56. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий. Департамент ГЗ МЧС РФ. Центр стратегических исследований гражданской защиты МЧС России. 2005 г.
57. Нормы радиационной безопасности СП 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009), утвержденные постановлением главного государственного санитарного врача РФ 27 июля 2009 г. № 47.
58. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010), утвержденные постановлением главного государственного санитарного врача РФ 26 апреля 2010 г. № 40.
59. Методические рекомендации по применению и действиям нештатных АСФ при приведении в готовность ГО и ликвидации ЧС. Под общей ред. директора ДГЗ МЧС РФ В.А. Пучкова 2005г.
60. Методические рекомендации по созданию, подготовке и оснащению нештатных АСФ. Под общей ред. директора ДГЗ МЧС РФ В.А. Пучкова. 2005г.
61. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения ГОСТ Р 22.0.01-94г.

62. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий ГОСТ Р 22.0.02-94г.

63. Связь военная. Термины и определения. ГОСТ В 23609-79 г.

64. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. ГОСТ Р 22.0.005-94 г.

65. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Жизнеобеспечение населения в чрезвычайных ситуациях. Общие требования ГОСТ Р 22.03.01.94г.

66. СНиП 2.01.51-90 «Нормы проектирования. ИТМ ГО».

67. СНиП II-11-77* «Нормы проектирования. Защитные сооружения ГО».

68. СНиП 2.01.54-84 «Защитные сооружения гражданской обороны в подземных горных выработках».

69. СНиП 3.01.09-84. «Приемка в эксплуатацию законченных строительством защитных сооружений гражданской обороны».

70. СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления».

71. СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах».

72. СНиП 2.01.53-84 «Световая маскировка населенных пунктов и объектов народного хозяйства».

73. Основы организации и ведения гражданской обороны в современных условиях / Под общ. ред. С.К. Шойгу; МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2005. – 520 с.

74. Современные войны м гражданская оборона / Под общ. ред. С.К. Шойгу; МЧС России. – М.: ИПП «КУНА», 2008. – 296 с.

75. Ефимов А.В., Попов А.В., Резник И.А. Автоматизация управления предупреждением и ликвидацией чрезвычайной ситуации. АГЗ, Новогорск. 2001, Инв. 1037дсп

76. Волков С.С., Гаваза В.С., Захаркин В.П. и др. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. Часть 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. Книга 1. Способы и средства инженерного обеспечения ликвидации ЧС. /Под общ. ред. Шойгу С.К./ – Калуга: ГУП «Облиздат», 2000.

77. Дзыбов М.М., Коломиец Я.Ф., Овсяник А.И. и др. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. Часть 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. Книга 3. Организация инженерного обеспечения мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. /Под общ. ред. Шойгу С.К./ – Калуга: ГУП «Облиздат», 1999.

78. Акатьев В.А., Волков С.С., Гаваза В.С. и др. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. Часть 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. Книга 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в ЧС. /Под общ. ред. Шойгу С.К./ – М.: ЗАО «Фирма» ПАПИРУС», 1998.

79. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01). – М.: НПО ОБТ, 2002.

80. Шульгин В.Н. Инженерная защита населения и территорий в ЧС мирного и военного времени. Учебник для вузов. /Под общ. ред. В.А. Пучкова/ – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2010.

81. Тараканов Н.Д., Овчинников В.В.. Комплексная механизация спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ. (Учебник для

студентов и слушателей высших учебных заведений). М.: Энергоатомиздат, 1984.- 304с.

82. Машины для землеройных работ. Под общей редакцией д-ра техн. наук проф. Д.П. Волкова. – М.: Машиностроение, 1992.

83. Наставление по организации действий Спасательных воинских формирований МЧС России. Часть 1. Спасательный центр, спасательный отряд. – Химки: ФГБОУ ВПО АГЗ МЧС России, 2012г., 78с.

84. Наставление по организации действий Спасательных воинских формирований МЧС России. Часть 2. Рота, взвод, отделение. – Химки: ФГБОУ ВПО АГЗ МЧС России, 2012г., 114с.

85. Основы применения и действий соединений и воинских частей войск гражданской обороны / Учебное пособие. – М: Издательство «Спорт и культура-2000», 2006. – 264с., Инв. № 1714 дсп.

86. Перспективы развития гражданской обороны Российской Федерации и единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) на современном этапе. Тезисы выступления на сборах, проводимых ДГЗ МЧС России 30 июля 2014 г.

87. Спасательный центр МЧС России. Уч. Пособие с грифом МЧС – Химки: АГЗ МЧС России, 2014.

88. Горяйнов А., Королев Б. Использование ArcInfo и ArcView GIS в центре управления в кризисных ситуациях МЧС России /Arcreview. Современные геоинформационные технологии № 4, 2000. –М.: Дата+, 2000.

89. Павлов С.В., Багманов В.Х., Васильев А.Н. и др. Геоинформационная система оценки, моделирования и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в Республике Башкортостан/Arcreview. Современные геоинформационные технологии № 4, 2000. –М: Дата+, 2000.

90. Шаманский С.И., Василенко В.В., Заусаев А.А. и др. Топографическая подготовка. Учебник. (Часть 1) Химки: АГЗ. 2011.

91. Военная топография: Учебник для высших военно-учебных заведений МО РФ; Воениздат, 2008.

92. Современные системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Москва, ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России, 2013.

93. Шаманский С.И., Лещенко А.П. и др. Военная топография. Учебник для высших учебных заведений МЧС РФ; Химки, АГЗ, 2014.

94. Сборник законодательных и нормативных документов по проблеме обеспечения устойчивого функционирования объектов экономики и территорий. Под общей ред. Рейхова Ю.Н./ Лебедев А.Ю., Тугушов К.В. Учебно-методическое пособие. - Химки; ФГБОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России»: 2011. - 276 с.

95. Рейхов Ю.Н., Лебедев А.Ю., Тугушов К.В. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях. Часть II. Основы устойчивого функционирования объектов экономики и систем жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях: Учебник /ФГБОУ ВПО «Академия гражданской защиты МЧС России». – Химки: 2011. - 273 с.

96. Мобилизационная подготовка экономики. Экономическое обеспечение готовности гражданской обороны в современных условиях. Учебное пособие. – М.: 2010.

97. Мобилизационная подготовка экономики. Информационный сборник, №1, июнь 2011.

98. Устав по организации действий подразделений спасательных воинских формирований МЧС России. Часть 1 и 2. – М.: ДПСС МЧС России, 2013.

99. Спасательный центр МЧС России. Уч. Пособие с грифом МЧС – Химки: АГЗ МЧС России, 2014.

100. Матеишен Р.С. Военная эпидемиология: учебное пособие для студ. мед. вузов / Р.С. Матеишен, Б.В. Кравец, Ю.В. Суторин. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 192 с. (Высшее образование)

101. Ющук Н.Д., Мартынов Ю.В. Военная эпидемиология: противоэпидемическое обеспечение в военное время и при чрезвычайных ситуациях: учебное пособие для студ. мед. вузов. – М.: ВЕДИ, 2007. – 152 с.

102. Супотницкий М.В. Биологическая война. Введение в эпидемиологию ис–кусственных эпидемических процессов и биологических поражений: монография / М.В. Супотницкий. – М.: «Кафедра», «Русская панорама», 2013. – 1136 с.

103. Правдивцев В.Л. Тайные технологии. Биосферное и геосферное оружие / В.Л. Правдивцев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 335 с.

104. Биологическая безопасность. Термины и определения / Под ред. академика РАМН Г.Г. Онищенко, члена корреспондента РАМН В.В. Кутырева – Саратов: ОАО «Приволжское книжное издательство», 2006. – 112 с.

105. Бриго Н.И. Эпидемиология: Учебник: В 2 т. Т.1 / Н.И. Бриго, Л.П. Зуева, В.И. Покровский, В.П. Сергиев, В.В. Шкарин. – М.: Издательство «Медицинское информационное агентство», 2013. – 832 с.

106. Бриго Н.И. Эпидемиология: Учебник: В 2 т. Т.2 / Н.И. Бриго, Л.П. Зуева, В.И. Покровский, В.П. Сергиев, В.В. Шкарин. – М.: ООО Издательство «Медицинское информационное агентство», 2013. – 656 с.